

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALMERÍA.

Departamento de Producción Vegetal.



PROYECTO FIN DE CARRERA.

EFFECTO DE LOS INHIBIDORES DE LA NITRIFICACIÓN Y DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA MENADIONA EN LA CALIDAD DE LOS FRUTOS DE LA SANDÍA.

Alumno:

José Daniel Barranco Martín.

Dirigido por:

Francisco Camacho Ferre.

Fernando Andrés Toresano Sánchez.

Almería, Junio 2011.

Agradecimientos.

Este proyecto fin de carrera es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Agradezco al Dr. Francisco Camacho Ferre por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo. También a Don Fernando Toresano Sánchez por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó.

Gracias también a mis queridos compañeros, que me ayudaron en la recolección y toma de datos de campo, Mariano Enrique Alfonso (Costa Rica), Humberto Borges, Oscar Montes y Miguel Vásquez (México).

También a mi gran amigo José Manuel Rodríguez Nuñez que me ayudo con la informática y mis amigos y compañeros Ángel García Principal, Armando Jesús García Hidalgo y Juan José Rivas López.

A mi madre, mi hermano y mi hermana que me acompañaron en esta aventura que significó la maestría y que, de forma incondicional, entendieron mis alegrías y mis malos momentos. A mi padre, siempre estuvo atento para saber cómo iba mi trabajo.

Gracias a todos.

1. INTERES Y OBJETIVOS.	8
1.1 La horticultura intensiva en España y Almería.	8
1.2 Importancia del cultivo de la sandía.	9
1.3 Los fertilizantes en la horticultura intensiva.	14
1.4 Alternativas y productos que ayudan al control de la Contaminación derivada de los nitratos.	17
1.4.1 Los inhibidores de la nitrificación.	18
2. Objetivos	20
 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	 21
2.1. Origen botánico de la sandía.	21
2.2. Morfología de los órganos vegetativos y reproductivos de la planta.	21
2.2.1. Planta.	21
2.2.2. Raíz.	21
2.2.3. Tallos.	22
2.2.4. Hojas.	22
2.2.5. Flores.	22
2.2.6. Fruto.	22
2.3. Descripción de las principales variedades de sandía cultivadas en invernadero.	23
2.3.1. Base de la descripción.	23
2.3.2. Variedades cultivadas en invernadero.	24

2.3.2.1. Variedades de sandía híbrida.	24
2.3.2.2. Variedades de sandía sin semillas.	25
2.4. El injerto en la sandía.	26
2.4.2. Métodos de injerto en Cucurbitáceas.	26
2.4.2.1. De aproximación.	26
2.4.2.2. Injerto de púa en hendidura.	27
2.4.2.3. Injerto de perforación lateral.	27
2.4.2.4. Injerto de empalme.	28
2.4.2.5. Injerto de cuña.	28
2.5. Exigencias del cultivo de sandía.	29
2.5.1. Exigencias edáficas del cultivo de sandía.	29
2.5.2. Exigencias climáticas del cultivo de sandía.	29
2.6. Floración y cuajado de la sandía.	30
2.6.1. Polinización natural.	30
2.7. Fisiología del desarrollo de los frutos.	31
2.8. Labores culturales en la sandía.	32
2.8.1. Preparación del suelo.	32
2.8.2. Plantación.	32
2.8.3. Poda.	33
2.8.4. Escardas.	33
2.8.5. Técnicas de semiforzado.	34
2.8.6. Blanqueo del invernadero.	34
2.8.7. Marcos de plantación.	34
2.8.8. Fisiología de la maduración del fruto.	34
2.8.9. Recolección.	35
2.9. Plagas y enfermedades.	36
2.9.1. Plagas.	36
2.9.2. Enfermedades.	40
2.9.2.1. Otras enfermedades producidas por hongos.	42

2.9.2.2. Enfermedades producidas por hongos de suelo.	42
2.9.3. Virosis en sandía.	43
2.9.4. Fisiopatías.	44
2.10. Descripción del elicitor y del inhibidor de la nitrificación.	44
2.11. Ciclo del nitrógeno.	47
2.11.1. El proceso de la nitrificación.	49
2.12. Problemática de la contaminación por fertilización nitrogenada Excesiva.	51
2.13. Inhibidores de la nitrificación.	57
2.13.1. Tipos de inhibidores de la nitrificación.	59
2.14. 3,4-Dimetilpirazol fosfato (DMPP).	60
 3. MATERIAL Y MÉTODOS. -----	65
 3.1. Situación de la finca experimental.	65
3.2 Instalaciones y equipamiento de finca.	65
3.3. Características del invernadero.	66
3.4. Sistema de riego.	67
3.5. Material vegetal.	69
3.6. Manejo del cultivo.	69
3.6.1. Transplante y Arranque de plantas.	70
3.6.2. Semiforzado.	70
3.6.3. Fertirrigación.	70
3.7. Experimento del inhibidor de la nitrificación.	71
3.8. Experimento del elicitor.	72

3.9. Tratamientos Fitosanitarios.	73
3.10. Insectos Auxiliares.	75
3.11. Recolección.	75
3.12. Diseño experimental.	76
3.12.1. Experimento del inhibidor de la nitrificación.	76
3.12.2. Experimento del elicitor.	76
3.13. Ejecución del experimento.	78
3.14. Toma de datos.	82
3.14.1. Producción y calidad.	82
3.14.2. Suelo.	84
3.15. Proceso de datos.	85
3.15.1. Tratamiento de los registros.	85
3.15.2. Análisis estadístico.	85

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.-----86

4.1. Estudio de los parámetros de rendimiento y calidad de la sandía	
donde se aplicó el elicitor.	86
4.1.1. Producción.	86
4.1.2. Producción total acumulada.	88
4.1.3. Estudio de los parámetros de calidad interna de Reina de	
Corazones.	90
4.1.3.1. Calidad de la cosecha 1.	90
4.1.3.2. Calidad de la cosecha 2.	91
4.1.3.3. Calidad de la cosecha 3.	92
4.1.3.4. Calidad global de toda la cosecha.	92

4.2. Estudio de los parámetros de rendimiento y calidad de la sandía	
donde se aplicó el inhibidor de la nitrificación.	96
4.2.1. Producción.	96
4.2.2. Producción total acumulada.	98
4.2.3. Estudio de los parámetros de calidad interna de Reina de	
Corazones.	100
4.2.3.1. Calidad de la cosecha 1.	100
4.2.3.2. Calidad de la cosecha 2.	100
4.2.3.3. Calidad de la cosecha 3.	101
4.2.3.4. Calidad global de toda la cosecha.	102
4.2.4. Estudio del suelo a diferentes profundidades.	105
4.2.4.1. Contenidos de nitratos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).	105

5. CONCLUSIONES.-----106

6. BIBLIOGRAFÍA.-----109

1. INTERES Y OBJETIVOS.

1.1 La horticultura intensiva en España Y Almería.

El modelo Almería destaca por su importancia económica en el sector agrario nacional, y hortícola en particular, por su espectacular desarrollo en treinta años, representando hoy día el máximo exponente de la agricultura intensiva bajo plástico en España a nivel tecnológico, de producción y comercial, siendo el sector almeriense espejo de todos los sectores agrícolas actuales y convirtiéndose en una de las zonas más importantes de explotación agrícola en toda Europa.



El sistema se caracteriza por ser altamente intensivo tanto en trabajo como en capital, requiriendo un importante desembolso de dinero para mantener las explotaciones.

Los elevados índices de cultivo obtenidos necesitan grandes aportes de nutrientes en forma de fertilizantes químicos que normalmente se aplican disueltos en el agua de riego. Por otro lado, el ambiente generado en el interior del invernadero (calor/humedad) es muy propicio a la aparición de plagas, por lo que los tratamientos fitosanitarios son imprescindibles para el normal desarrollo del cultivo, además del uso de variedades genéticamente resistentes a las enfermedades más frecuentes.

La mano de obra es el capítulo más abultado de los costes de explotación monetarios. Su elevada necesidad es, sin duda, una de las características más peculiares de la agricultura de cultivos forzados. De esta forma, la agricultura intensiva del litoral almeriense destaca, tanto en el contexto provincial y autonómico español, por su fuerte demanda de fuerza de trabajo lo que le otorga un alto interés social y un papel esencial como elemento de desarrollo regional (Zarrilli, A., 2003).

1.2 Importancia del cultivo de la sandía.

El cultivo de sandía se encuentra extendido prácticamente por todo el planeta, ocupando 3,6 millones de hectáreas que producen 93,1 millones de toneladas (Faostat, 2009). El principal país productor de sandía es China, seguido de Turquía, Irán y Estados Unidos.

En Europa, la zona mediterránea es la mayor productora de sandía, siendo los principales productores España, seguida de Grecia, Rumania e Italia. Se tiene una de las mayores concentraciones de cultivos protegidos del mundo, con más de 400.000 ha (30% mundial). Esta superficie incluye estructuras de protección permanentes (invernaderos y macrotúneles) y no permanentes (acolchados y pequeños túneles). (Santiago Bujalance, J.2004).

España es el octavo productor mundial, decir que es el país con mayor rendimiento con $47,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Faostat, 2010). La sandía en España ocupa una superficie de 16100 ha, con una producción total de 731500 toneladas (MARM, 2010).

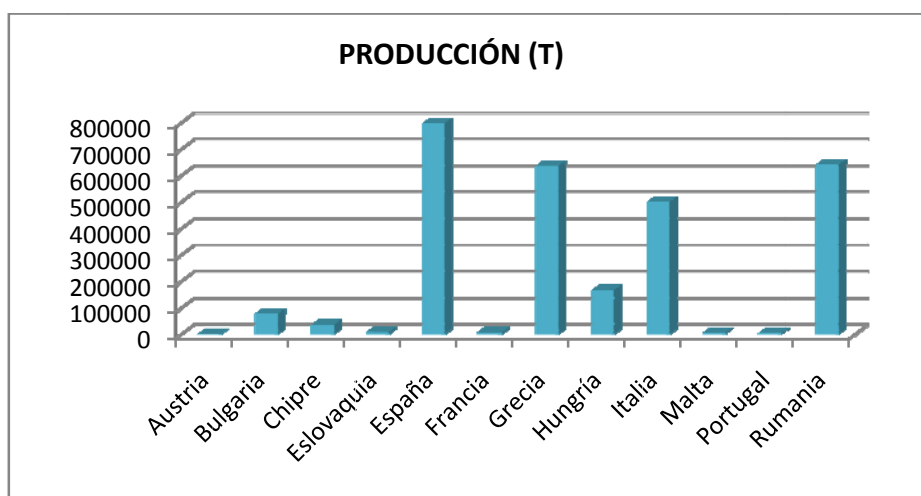


Figura 1. Producción de sandía de los países europeos (t). (Fuente: Faostat consultada el 19 de Marzo de 2010).

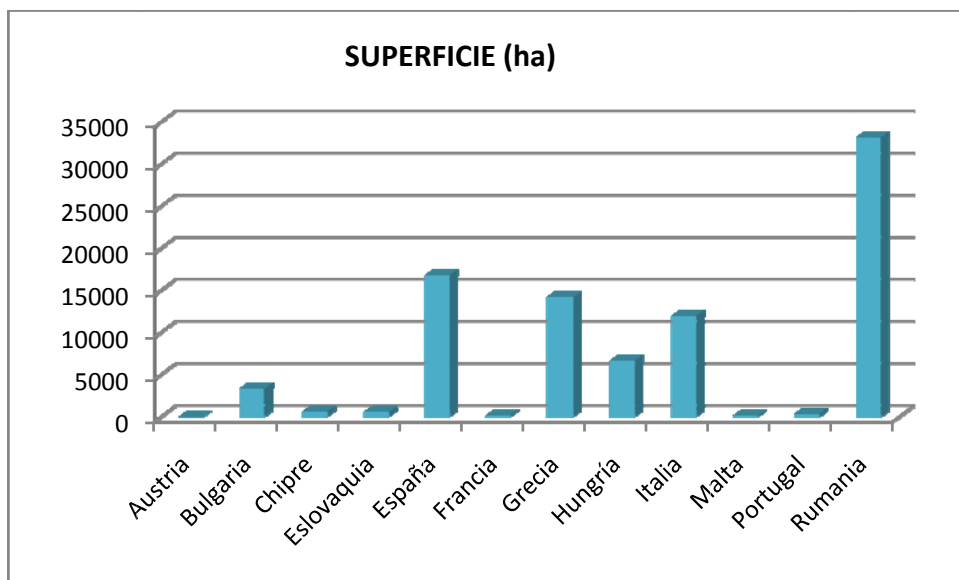


Figura 2 Superficie (ha) dedicada al cultivo de sandía en Europa (Fuente: Faostat consultada el 19 de Marzo de 2010).

Teniendo el cultivo de sandía en España la siguiente evolución desde el año 1990 al 2007:

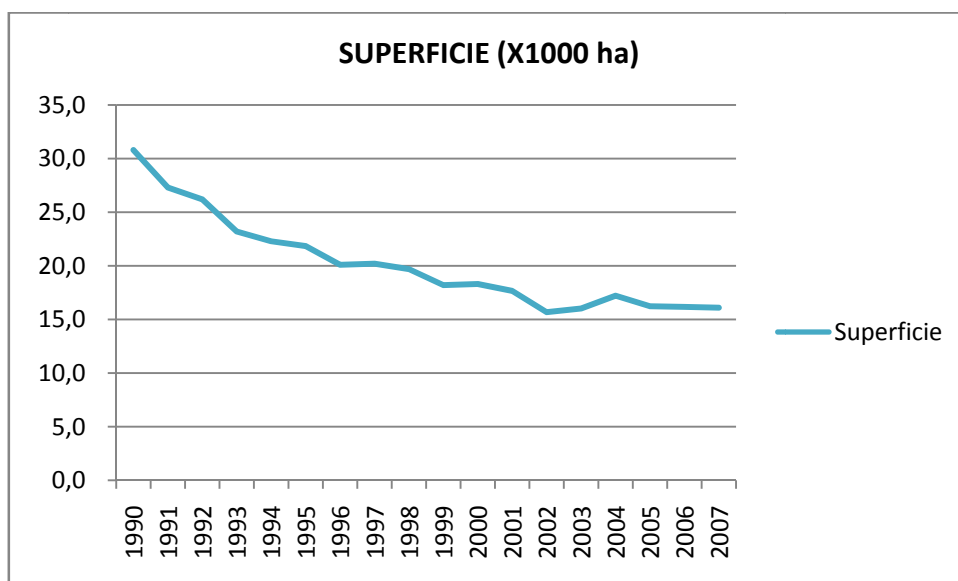


Figura 3 Superficie (x1000 ha) dedicada al cultivo de sandía en España (Fuente: Anuario de estadística agroalimentaria 2007 del mapa)

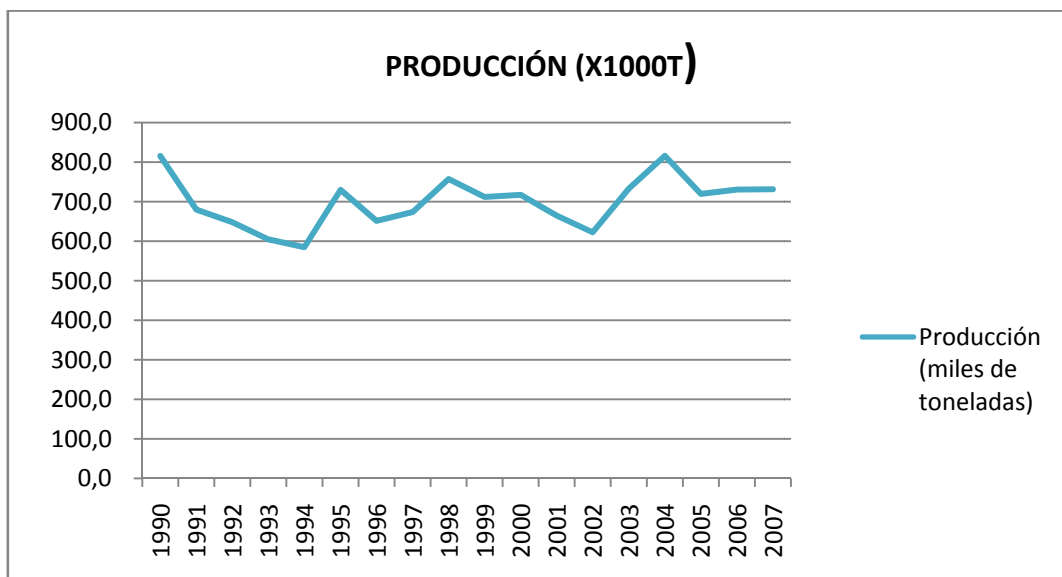


Figura 4 Producción (x1000 t) de sandía en España (Fuente: Anuario de estadística agroalimentaria 2007 del mapa)

Las zonas productoras más importantes en España se sitúan en algunas superficies del valle del Guadalquivir y principalmente el levante español, desde Almería hasta Valencia. Dentro del territorio español Andalucía es la comunidad autónoma de mayor superficie dedicada al cultivo de la sandía y la de mayor producción

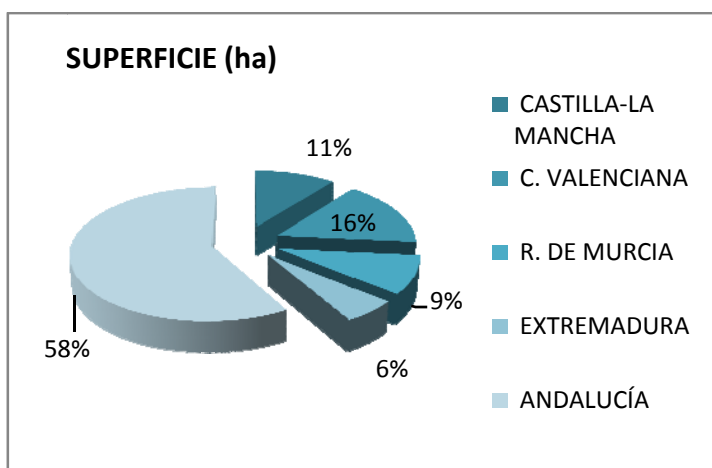


Figura 5 Superficie de sandía de las comunidades autónomas (Fuente: Anuario de estadística agroalimentaria 2007 del mapa)

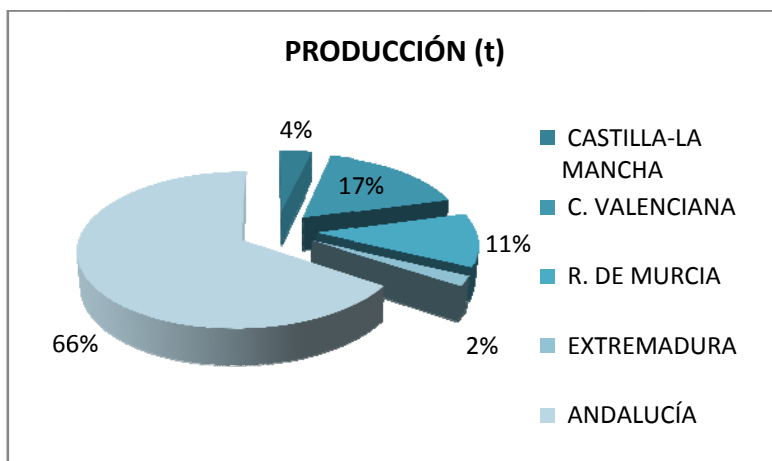


Figura 6 Producción de sandía de las comunidades autónomas (Anuario de estadística agroalimentaria 2007 del mapa)

Y en lo que respecta a Andalucía. Almería es la provincia que destaca sobre las demás provincias con mayor producción.

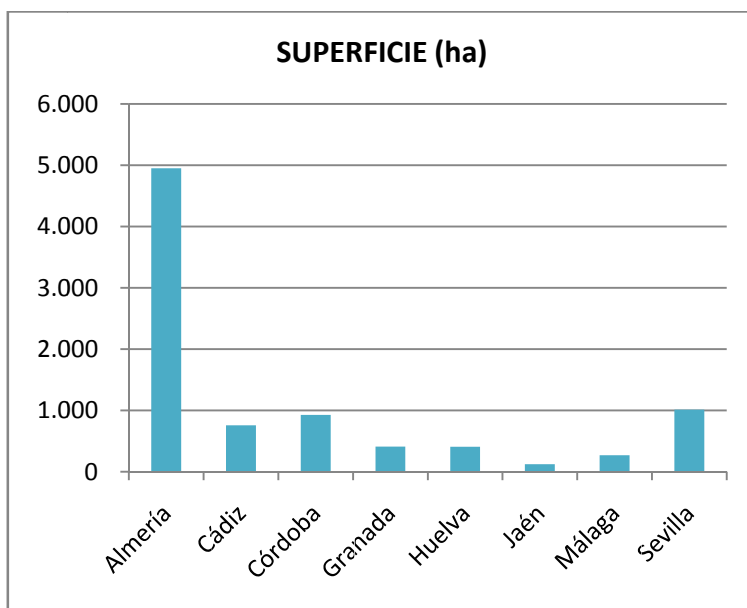


Figura 7 Superficie de sandía de las provincias andaluzas (Fuente: Anuario de estadística agroalimentaria 2007 del mapa)

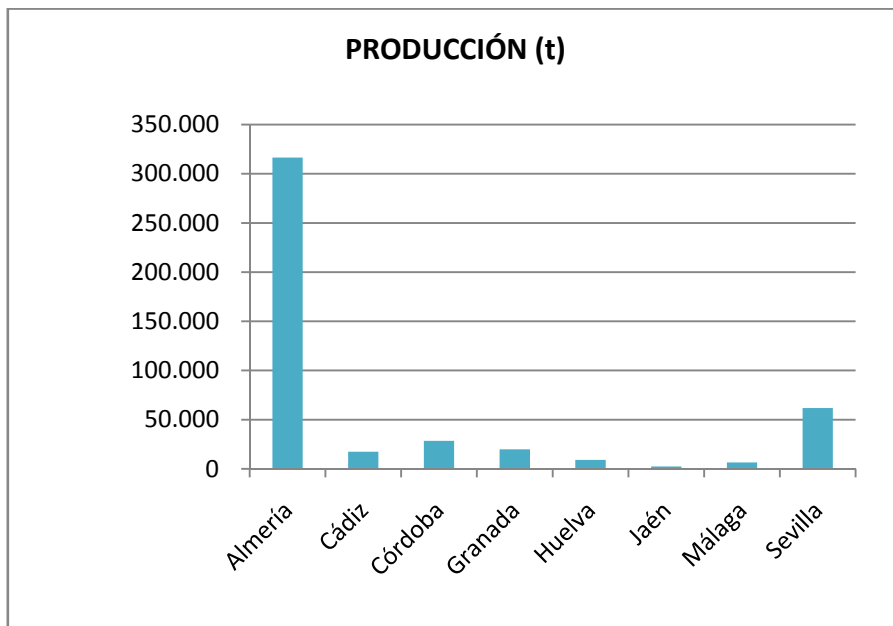


Figura 8 Producción de sandía de las provincias andaluzas (Anuario de estadística agroalimentaria 2007 del mapa)

Almería es la primera provincia española por su PFA (2000 Miles de euros) y su sector hortícola exporta el 60% del total producido; acompañado por la existencia de economías externas, basadas en la transferencia de usos tecnológicos, artes y conocimiento (Santiago Bujalance, J.2004).

La sandía es una de las hortalizas más importantes en ciclos de primavera; que se erige como el cultivo principal de primavera en las comarcas del Levante Almeriense. Es el 3º cultivo en importancia en cuanto a producción y superficie de los ocho cultivos almerienses típicos:

	Producción (t)					Superficie (ha)				
	2004	2005	2006	Media 2004/06	2.007	2.004	2.005	2.006	Media 2004/06	2.007
Tomate	756.000	726.850	766.574	749.808	892.772	8.700	9.100	8.552	8.784	9.836
Pimiento	503.025	496.223	557.687	518.978	521.905	8.825	8.955	8.831	8.870	8.202
Pepino	297.160	287.075	315.495	299.910	321.880	3.910	4.050	4.050	4.003	4.036
Calabacín	212.430	207.964	236.930	219.108	227.199	4.040	4.150	4.400	4.197	4.200
Berenjena	94.500	76.191	82.800	84.497	103.050	1.500	1.200	1.200	1.300	1.495
Judía verde	43.000	38.105	32.983	38.029	25.965	3.950	3.200	2.229	3.126	1.745
Melón	182.700	186.850	175.289	181.613	184.059	5.300	4.950	4.870	5.040	5.109
Sandía	315.000	334.965	316.424	322.130	308.797	4.600	5.060	4.951	4.870	4.696
Total	2.403.815	2.354.223	2.484.182	2.414.073	2.585.627	40.825	40.665	39.083	40.191	39.319

Figura 9 Producción y superficie de las principales hortalizas almerienses en los cuatro últimos años. (Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca de la junta de Andalucía.)

En líneas generales los rendimientos de los principales cultivos hortícolas, se sitúan en 2007 por encima de la media registrada en los tres últimos años. La judía verde, el tomate y el pimiento son los cultivos que mayor incrementan su rendimiento respecto a la media (19%, 6% y 9% respectivamente). El pepino, la berenjena y el calabacín han experimentado ascensos entre un 4% y un 6%. La sandía y el melón presentan rendimientos similares a la media del periodo y un 3% superior al alcanzado en 2006.

1.3 los fertilizantes en la horticultura intensiva.

Una de las innovaciones tecnológicas de mayor relieve aplicadas a la horticultura intensiva ha sido el fertiriego, técnica primordialmente utilizada en los cultivos hortícolas protegidos, cuya base es el aporte de agua y de nutrientes de forma generalizada mediante el sistema de riego. Se realiza así, una fertilización optimizada y respetando el medio ambiente, ofreciendo la posibilidad de realizar el aporte de fertilizantes en función de la evolución del cultivo, del sustrato y del agua de riego, para unas condiciones ambientales definidas, obteniendo un mayor ahorro de agua y con la gran ventaja de llevar a cabo la automatización de la práctica (Cadahía López, C., 2000).

Uno de los mayores problemas que conlleva la aplicación de fertilizantes a los cultivos hortícolas es la posible contaminación que puede originarse por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo o sustrato. Por este motivo la forma y los medios de aplicación han variado y evolucionado con el paso del tiempo y los sistemas han ido mejorando la precisión en las cantidades que se aplican, buscando la posibilidad de poner el fertilizante más cerca de la zona radicular donde las plantas puedan

aprovecharlo, imperando además la necesidad de mantener nuestros acuíferos (aguas subterráneas y superficiales) y suelos libres de contaminación, buscando la tecnología más adecuada que permita hacer un uso eficiente de los mismos.

Un claro ejemplo de contaminación ambiental lo representa la excesiva aplicación de abonos nitrogenados, siendo el nitrógeno un elemento primordial para la planta, ya que forma parte de las proteínas y de otros compuestos orgánicos esenciales (enzimas, coenzimas, vitaminas, ácidos nucleicos, clorofila, etc.), participando en multitud de procesos vitales (Fuentes Yagüe, J.L., 1999).

La importancia del abonado nitrogenado en la obtención de altos rendimientos hace que se considere a este elemento como la base del abonado. Cuando estén aseguradas todas las condiciones necesarias para un crecimiento óptimo (agua, estructura del suelo, nutrición satisfactoria en N-P-K y otros elementos, condiciones climáticas, etc.), será el nivel del abonado nitrogenado el que permita explotar al máximo el potencial productivo del cultivo (Gros, A. y Domínguez Vivancos A., 1992).

La mayor parte del nitrógeno aportado al suelo en forma de urea o amonio, se transforma en un plazo de pocos días en nitrato, por la acción de las bacterias *Nitrosomonas spp.* y *Nitrobacter spp.* mediante el proceso de nitrificación.

El nitrógeno en forma de nitratos es muy móvil en el suelo debido a su elevada solubilidad y escasa retención por el complejo de cambio iónico, al tener el mismo tipo de carga eléctrica. En condiciones de elevadas precipitaciones o riego abundante se facilita su movimiento vertical en el perfil hacia profundidades alejadas de la raíz, donde el nitrato no puede ser absorbido por la planta. Finalmente el nitrato es transportado por el flujo de agua hacia las corrientes subterráneas, siendo este fenómeno conocido como lixiviación (Linaje-Lite y Muñoz-Guerra Revilla, 2004).

El fenómeno de lixiviación de nitratos conlleva a la pérdida del nitrógeno, quedando inaccesible para la absorción de la raíz y dirigiéndose hacia zonas más profundas del subsuelo con la posibilidad de contaminación de las aguas subterráneas. Puede ocurrir también que el nitrógeno aportado al suelo como amonio o urea, tras el proceso de nitrificación se encuentre de forma muy móvil en el suelo en forma de nitratos.

Las concentraciones elevadas de nitrato en las aguas superficiales son las causantes de la eutrofización (desarrollo incontrolado de algas superficiales que producen hipoxia en las aguas), mientras que su presencia en aguas subterráneas (empleadas como agua para consumo) constituye un riesgo para la salud, al ser el nitrato una molécula precursora de compuestos tóxicos.

El nitrógeno (N) es el nutriente más limitante de la producción de los sistemas agrícolas en el mundo, siendo necesaria la aplicación de fertilizantes nitrogenados para una producción agrícola óptima. Uno de los riesgos de la agricultura intensiva es que parte del nitrógeno aplicado se puede perder, yendo a parar a las reservas acuáticas y atmosféricas. Del nitrógeno aplicado a muchos cultivos solamente un 10-50% suele ser absorbido por las plantas, mientras que el 50-90% restante es susceptible de lixiviarse a

las aguas subterráneas y superficiales (produciendo su eutrofización) o de perderse en forma gaseosa.

La aplicación incorrecta de fertilizantes, que con frecuencia sobrepasa las necesidades del cultivo, y las prácticas de riego poco eficientes, favorecen el lavado de nitratos y su incorporación al acuífero. Las consecuencias se acentúan en las áreas regadas con aguas subterráneas, debido al reciclado de éstas (Valero de Palma, J. 1998).

En España los niveles de contaminación de las aguas provocada por los nitratos de origen agrario son de una magnitud inferior a los de los países del norte europeo. Aunque hay que destacar que el dato del consumo medio de fertilizantes nitrogenados en España oculta disparidades regionales muy acusadas. Mientras el grado de fertilización de los secanos españoles (cereales, cultivos oleaginosos y forrajeros, etc.) es muy bajo en los regadíos, principalmente en las áreas de cultivos hortofrutícolas, los niveles de fertilización están más en consonancia con los estándares de otros países del norte europeo (Izcarra Palacios, S.P. 2000)

La comarca del Campo de Dalías es una de las franjas agrarias más intensivas y productivas de la Unión Europea. A partir de los años sesenta, la introducción de innovaciones tecnológicas vanguardistas dirigidas a paliar los factores limitantes, el suelo y el agua, sacando el máximo partido del factor más abundante, la altísima insolación, transformarían en pocos años esta comarca agraria. Parejo a la expansión de esta agricultura intensiva se produciría un crecimiento desmesurado de la población de esta comarca.

Como resultado del crecimiento e intensificación de la superficie cultivada, entre 1980 y 1995 las extracciones de los acuíferos del Campo de Dalías pasarían de 87 a 133 hectómetros cúbicos (ITGE, 1997), lo que conduciría a una sobreexplotación, dando lugar a un proceso de intrusión marina.

El sistema agrario desarrollado en esta comarca, hace necesario el uso intensivo de fertilizantes que ha tenido un profundo impacto en la calidad del agua de los acuíferos de esta zona. Los acuíferos superiores del Campo de Dalías, los más superficiales, sí que presentan una contaminación por nitratos muy superior a los límites máximos permitidos por la normativa europea de calidad de las aguas potables. Estos acuíferos, por el hecho de soportar toda la estructura de invernaderos, así como a los asentamientos urbanos, están recibiendo una fuerte contaminación por nitratos que tiene su origen, principalmente, en las actividades agrícolas. (Izcarra Palacios, S.P. 2000)

Además otra consecuencia de la contaminación de los acuíferos pueden ser problemas en la salud humana. Los nitritos en sangre oxidan el hierro de la hemoglobina produciendo metahemoglobinemia, incapaz de transportar el oxígeno, muy frecuente en bebés “Síndrome del bebé azul” (AESAN, 2008)

El nitrato no es directamente tóxico, aunque sí lo es el nitrito que se origina a partir del nitrato a través de algunas reacciones químicas. Algunos de los males en la salud humana que se achacan a los nitratos son la cianosis y el cáncer de estómago.

La cianosis consiste en la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre, como consecuencia de la reacción entre el nitrito y la hemoglobina (que es el transportador del oxígeno). Los casos de cianosis son muy pocos, a pesar de ello se han relacionado estos casos con el uso de agua de pozo presumiblemente con muy altos contenidos en nitrato. En cuanto a la relación entre el cáncer de estómago y el consumo de nitratos, todo está menos claro. La hipótesis de mecanismo de acción es que una amina secundaria, al reaccionar con el nitrito (procedente del nitrato por acción de algunos microbios), se transforma a un compuesto de N-nitroso, que a su vez es capaz de modificar la estructura del ADN, siendo esta la causa del cáncer.

Esta hipótesis es plausible pero, cuando se ha tratado de relacionar el consumo de agua con altas concentraciones de nitratos y la ocurrencia del cáncer de estómago, la relación causa-efecto no se ha encontrado. Tampoco se ha observado una mayor frecuencia de cáncer de estómago entre las personas expuestas al nitrato al trabajar en fabricas de fertilizantes. (Villalobos, F., 2002).

La contaminación de NO_3^- afecta a las aguas subterráneas y puede originar problemas sanitarios y ecológicos. La probabilidad de lixiviación es mayor en los suelos de textura gruesa y de fácil drenaje. Las pérdidas de nitrógeno por lixiviación dependen del balance entre entradas y salidas de NO_3^- del sistema y de la precipitación. Los pastos permanentes suelen provocar una menor lixiviación de nitratos menor que los cultivos anuales. En la agricultura europea han aparecido diversas limitaciones y restricciones al abonado nitrogenado para evitar los problemas ambientales asociados. Para reducir la lixiviación de nitratos tenemos varias opciones entre las que destacan el uso de cultivos trampa y el fraccionamiento de la aplicación del abono. En cultivos regados conviene además dejar el suelo con un bajo contenido de agua en recolección. Existen modelos simples que permiten caracterizar el riesgo potencial de lixiviación en función de la precipitación anual y de su distribución estacional. (Villalobos, F., 2002).

1.4 Alternativas y productos que ayudan al control de la contaminación derivada de los nitratos.

Aunque prácticamente todos los sistemas agrícolas pueden producir lixiviados, es posible detectar zonas más sensibles e imponer en ellas restricciones o el abandono de la agricultura. En muchos países europeos hay ya recomendaciones o regulaciones para reducir las pérdidas de nitratos. En toda la CE existe un plan que subvenciona el abandono del cultivo en zonas de las explotaciones donde se obliga a sembrar pasto sin pastorear durante al menos cinco años. En España podemos mencionar la reciente normativa dictada por la Junta de Andalucía que limita las cantidades de nitrógeno que se pueden aplicar a los distintos cultivos y establece restricciones a las prácticas de fertilización. La reducción de la lixiviación de nitratos se conseguirá mediante prácticas agrícolas basadas en el conocimiento del sistema, donde la formación de los agricultores será la vía más eficiente. (Villalobos, F., 2002).

En cultivos hortícolas existe una gran variabilidad en la utilización del nitrógeno del suelo por la diferencia en profundidad de raíces y contenido de nitrógeno de los residuos de cada cultivo. Se buscan nuevas técnicas de mejora en la fertilización nitrogenada pero sin comprometer la nutrición del cultivo. Algunos trabajos realizados en España muestran que las dosis de fertilizantes en hortícolas pueden reducirse notablemente si se distribuye en varias aplicaciones, sin que haya pérdida de rendimientos. Otras alternativas disponibles para reducir la lixiviación de nitratos son la utilización de fertilizantes de liberación lenta y el empleo de inhibidores de la nitrificación.

Así pues, la creciente preocupación por el deterioro del medio ambiente induce al uso de inhibidores de la nitrificación que proporcionan fertilizantes llamados eco-eficientes, que sin reducir la producción y calidad del fruto en una agricultura sostenible y competitiva, tienen menor impacto medioambiental (J. Bañuls *et al.* 2003)

1.4.1 Los inhibidores de la nitrificación.

Los inhibidores de la nitrificación son compuestos que, añadidos a los fertilizantes, retrasan la oxidación bacteriana del NH_4^+ a NO_2^- (primer paso de la nitrificación) durante un cierto periodo de tiempo, mediante la inhibición de las bacterias *Nitrosomonas* en el suelo. Esto origina que el N aplicado como fertilizante permanezca durante un cierto periodo de tiempo en la forma NH_4^+ que queda retenido en el complejo arcillo-húmico del suelo y se evitan así las pérdidas de N en forma de NH_3^+

La utilización de inhibidores de la nitrificación provoca un incremento apreciable de los contenidos de NH_4^+ en el suelo que las plantas tienen a su disposición para absorber junto con los NH_3^+ . Estudios recientes demuestran que a muchos cultivos cuando se les suministra una nutrición nitrogenada mixta, con ambas formas de N, se obtienen mayores tasas de crecimiento y rendimientos. Esto es debido a que la absorción de amonio requiere un menor gasto energético para la planta y favorece la síntesis de algunas fitohormonas.

De las sustancias químicas que presentan cierto poder inhibidor de la nitrificación, solamente dos de ellas han tenido una cierta presencia en el mercado de los fertilizantes hasta el año 1999: la Diciandiamida (DCD), comercializada en Europa, y la Nitrapirina (NI), inhibidor de la nitrificación por excelencia en EE.UU.

Estas sustancias presentan una serie de desventajas, como son un elevado precio y un cierto efecto fitotóxico en el caso de la Diciandiamida, y problemas toxicológicos y corrosivos en la Nitrapirina. Además la DCD presenta una elevada solubilidad, que la hace propensa a su translocación en el suelo. (Lezana, J y Carrasco, I., 2002) También existen algunas de origen natural, como el extracto del "Indian neem tree" (*Azadirachta indica*, Juss.)

A pesar de esto, en la práctica son muy pocas las sustancias que han alcanzado una cierta presencia en la nutrición habitual de los cultivos (Carrasco Martín, I y Villar Mir, J. V. 2001)

Debido al gran interés que tiene la utilización de inhibidores de la nitrificación en agricultura, en el marco de un proyecto de investigación para la obtención de fertilizantes ecoeficientes BASF, COMPO y diferentes universidades y centros de investigación alemanes durante el período 1995-1999, obtuvieron el **3,4-Dimetil Pirazol fosfato (DMPP)** como un nuevo y revolucionario inhibidor de la nitrificación..

El 3,4 Dimetil Pirazol Fosfato (DMPP) es un inhibidor de la nitrificación que retrasa la transformación del amonio a nitrato en el suelo durante un cierto periodo de tiempo, mediante la inhibición de las bacterias Nitrosomonas (responsables de la primera etapa de dicha transformación). Con un efecto bacteriostático, no bactericida (no elimina las bacterias sino que inhibe su acción durante un determinado periodo de tiempo), presenta una gran selectividad, sólo inhibe la acción de las bacterias Nitrosomonas, no así la de los otros géneros de bacterias del suelo. Además se degrada totalmente en el suelo sin dejar residuos. Después de rigurosos estudios toxicológicos y ecotoxicológicos se ha podido comprobar que el DMPP es absolutamente inocuo para las personas, animales y medio ambiente en general. Por todo esto además de lo que a continuación se expone es un idóneo inhibidor de la nitrificación para ser añadido a fertilizantes minerales, ya sean sólidos o líquidos:

1. **Su utilización habitualmente reduce muy significativamente las pérdidas de N por lixiviación y desnitrificación**, dado que no se acumulan nitratos en el suelo, sustrato fundamental en ambos procesos. La magnitud del efecto depende de las prácticas de fertilización y riego que se realicen. Este efecto supone un incremento importante de la eficacia de la fertilización.
2. **Permite planificar una nutrición mixta amonio / nitrato de los cultivos.** Al bloquearse temporalmente el paso de amonio a nitrato es posible planificar el suministro a los cultivos de un aporte combinado de N-amonio y N-nitrato. En numerosos cultivos está científicamente probado que la combinación de ambas formas mejora diversos parámetros productivos de los cultivos. La relación óptima de ambas formas depende de cada cultivo y de los distintos momentos fenológicos. Además este aporte supone modificaciones en la absorción de otros nutrientes, tales como el potasio, fósforo, calcio o magnesio, de ahí que su ajuste sea un aspecto de interés para conseguir una nutrición equilibrada.
3. **Incremento de la disponibilidad de P y micronutrientes.** La utilización de los inhibidores de la nitrificación causa una disminución del pH en el área radicular, que según los casos puede significar incrementos de absorción de P y mayores disponibilidades de micronutrientes.

El incremento de la absorción de amonio por la planta produce modificaciones a nivel metabólico, algunas de ellas se centran en la reducción del nitrato en hojas y frutos, lo

que puede conllevar una reducción de ácidos orgánicos como el oxalato y un incremento de antioxidantes como la vitamina C. Estos efectos están bien estudiados en condiciones de hidroponía pero muy poco en condiciones reales de producción.

Recientes estudios desarrollados por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas muestran que ciertos derivados hidrosolubles de las quinonas tienen una capacidad importante para inducir respuestas anti-stress en las plantas, en respuesta a factores desfavorables como una elevada salinidad o daños por agroquímicos.

2. Objetivos.

El objetivo general del trabajo consiste en: evaluar el efecto de distintas proporciones de amonio / nitrato aportado sobre la dinámica del N en el suelo y sobre la producción y Evaluar el efecto del uso de sustancias menadiona sobre la producción y desarrollo del cultivo, valorando la eficiencia de estas sustancias en la resistencia del mismo a la alta salinidad del medio.

Para el estudio de los objetivos propuestos se propone trabajar a tres niveles específicos:

- Efecto en el suelo. Tanto el tipo de nitrógeno aplicado (con o sin inhibidor de la nitrificación) como la composición de la disolución nutritiva (y su CE) tienen un claro impacto en la disolución del suelo. Hacer una caracterización inicial del suelo (nitrógeno mínimo a 0-15 y 15-30 cm de profundidad, pH y CE en el extracto saturado o en disolución 1/5) y un análisis completo del extracto de saturación a cada profundidad a mediados y final del ciclo del cultivo.
- Efectos en la producción y la calidad. Todo lo anterior puede tener implicaciones en el rendimiento global, para ello se cuantifica tanto el rendimiento bruto como diversos parámetros de calidad tanto comercial como nutricional:

- Kg*m
- Peso fresco y seco medio del fruto (%)
- °Brix
- pH
- Espesor de la corteza (mm)
- Consistencia de la pulpa ($\text{Kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)
- Color (1-4)

La valoración de estos parámetros dará como resultado los efectos causados por la aplicación de inhibidores de la nitrificación y la menadiona sobre el cultivo de sandía, para servir como antecedente a posteriores ensayos que requieran la utilización de estos productos en los demás cultivos hortícolas, ya que a día de hoy sus verdaderos efectos siguen siendo objetivo de investigación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Origen botánico de la sandía.

La sandía se considera originaria de las tierras áridas de Sudáfrica ya que Livingstone, durante sus viajes al sur de África, encontró plantas silvestres de sandía lo que influyó aún más en la creencia del origen de esta planta en dicho continente cuyo aprovechamiento principal era y es para calmar la sed y como alimento.

Posteriormente su cultivo se expandió por el Norte de África y el Próximo Oriente alrededor de IV milenio a.C. Las sandías se difundieron a través de mercaderes, que vendieron semillas por las rutas del Mediterráneo, introduciéndolas en países como Italia y Grecia.

En el siglo X se introdujo en China. Posteriormente, en el siglo XIII, el consumo de sandía se extendió a toda Europa (Reche, 1994).

2.2. Morfología de los órganos vegetativos y reproductivos de la planta.

La sandía pertenece a la familia de las cucurbitáceas, su nombre científico es *Citrullus lanatus*; (Thunb) fanerógamas, Subtipo angiospermas, Subclase metaclamídeas gamopétalas. Es una planta herbácea, rastrera, anual y trepadora.

2.2.1. Planta.

El desarrollo de la planta comienza con un brote principal hasta completar 5-6 hojas bien formadas. A partir de este momento se inician las brotaciones de segundo orden a partir de los nudos del tallo principal, de los nudos de los tallos de segundo orden nacen las ramas de tercer orden y así se va formando la planta.

2.2.2. Raíz.

La raíz de la sandía es ramificada, esto es: surge una raíz principal que después se ramifica en las llamadas raíces primarias y estas, a su vez, vuelven a subdividirse. Así, la raíz principal tiene un buen desarrollo y adquiere gran profundidad, aunque el resto de las raíces se distribuyen superficialmente de manera amplia (Reche, 1994).

Debido a los problemas derivados de los ataques del bongo *Fusarium Oxysporum sp niveum* a la raíz de la sandía, hoy en día la mayoría de las plantaciones de sandía son

injertadas sobre híbridos de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*, ya que estos son resistentes a dicho hongo.

2.2.3. Tallos.

Los tallos de la sandía son herbáceos de color verde, tendidos, trepadores y largos; con zarcillos caulinares, cuyo extremo puede ser bífido o trifido (según esté hendido en dos o tres partes). Su tallo es cilíndrico, asurcado longitudinalmente y muy piloso; los pelos inclinados, cortos y finos, que relucen. Por su débil consistencia se tumban en el suelo; en el cual se apoya para su crecimiento, al igual que todos los tallos reptantes, pudiendo alcanzar varios metros de longitud, 4-5 m (Reche, 1994).

2.2.4. Hojas.

Las hojas son pecioladas y lobuladas, de 3-5 lóbulos de apariencia redondeada, y a su vez aparecen divididos en varios segmentos redondeados, presentando entalladuras profundas sin llegar a la nerviación principal. El limbo o porción laminar de la hoja tiene el haz, o cara superior, muy suave al tacto, y el envés, o cara inferior de la hoja, muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas, destacándose perfectamente los nervios secundarios hasta las últimas nerviaciones o nervios, que tienen con forma de mosaico.

En la axila de cada hoja nacen unos zarcillos bífidos o trifidos que utiliza la planta para sujetarse al suelo o a otras plantas con el fin de que los vientos no la vuelquen, y que, a su vez, le ayudan a reptar en su crecimiento. Los zarcillos actúan como fijadores gracias a su intensa excitabilidad al contacto (Reche, 1994).

2.2.5. Flores.

Las flores de las sandías son de color amarillo, solitarias, con el cáliz de color verde, con sépalos libres y la corola formada por cinco pétalos; se trata de flores entomógamas que atraen a los insectos por su color, aroma y néctar.

La flor de la sandia puede ser masculina o estaminada, o femenina o pistilada, es decir, ambos sexos coexisten en una misma planta monoica, pero en flores distintas, o sea, unisexuales monoicas (Reche, 1994).

Las flores femeninas se diferencian muy fácilmente de las flores masculinas ya que las primeras poseen un ovario ínfero que se puede ver a simple vista.

La flor femenina aparece tanto en el brote principal como en los brotes secundarios y terciarios, la primera flor femenina aparece en la axila, entre las hojas 7 y 10 del brote principal. Al igual que en otras cucurbitáceas, en la sandia existe correlación entre el número de tubos polínicos germinados y el tamaño del fruto (Camacho, 1999).

2.2.6. Fruto.

La sandía es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo, generalmente liso, de color, forma y tamaño variable y que puede llegar a los veinte

kilogramos de peso. No obstante, los tamaños más frecuentes oscilan entre 6-8 kg. En su interior se encuentran gran número de semillas y un porcentaje de agua entre el 90 y 95% (Reche, 1994).

La piel de su fruto puede presentarse en varios colores, que van desde colores uniformes como el verde claro, amarillo o verde oscuro, y también puede presentar franjas de colores amarillentos, grisáceos o verdes claros sobre fondos de diversas tonalidades de verde (Camacho, 1999).

2.3. Descripción de las principales variedades de sandía cultivadas en invernadero.

Se entiende por "variedad" al conjunto de plantas que tienen origen común y caracteres fenológicos y morfológicos constantes y peculiares. Así mismo "variedad Híbrida", a la obtenida como resultado del cruce del germen masculino de una variedad con el femenino de otra, o lo que es lo mismo, el resultado del cruce de dos razas puras.

La variedad Sugar Baby que llegó a representar el 80 % de la superficie total cultivada de sandía dio paso a la introducción de híbridos con cierta resistencia a enfermedades de suelo y de mayor producción.

2.3.1. Base de la descripción.

Las variedades de sandía se diferencian generalmente por la forma, color y tamaño del fruto; el resto de la planta no presenta variaciones notables. La influencia del medio ambiente ocasiona, a veces, confusiones a la hora de identificar una determinada variedad, pues esta influencia puede hacer variar el color del fruto y de la pulpa, así como el tamaño y la precocidad. Por ello, y a veces, se consiguen frutos distintos.

Conservando el mismo genotipo, que se ha evidenciado en campos de ensayo donde variedades puras han cambiado el color de la pulpa, y muchas el color externo del fruto.

La facultad que fija también la herencia, al margen de la gran influencia que puede ejercer el medio, lo determina la presencia o no de ciertas características motivada por la dominancia o recesividad de los correspondientes pares de alelomorfos localizados en los cromosomas de las células, ocasionando una diferencia notable en la condición externa de la variedad ensayada, signos que pueden llegar a establecer erróneamente la denominación de alguna variedad.

En la sandía domina la superficie lisa del fruto sobre rugosa o surcada; piel verde oscura sobre verde claro; rayada sobre no rayada; uniforme sobre moteada; carne roja sobre amarilla y esta sobre rosa; semilla media sobre larga y también sobre corta; resistencia a la antracnosis sobre susceptibilidad, etc.

También hay que tener en cuenta que el peso del fruto puede depender de la época de cultivo: En siembras tempranas se ha comprobado que el peso es menor que los obtenidos en plena estación. Por último, el abonado puede incidir, igualmente, en la producción final y tamaño del fruto.

Con la obtención de nuevas variedades se persigue mejorar entre otras las siguientes características:

- Producción.
- Precocidad
- Frutos uniformes con tendencia a ser pequeños (4/6 Kg.)
- Pulpa fina, jugosa y de sabor dulce.
- Fruto sin semilla.

Las descripciones de las siguientes variedades se han basado en los numerosos ensayos realizados de los organismos oficiales, así como de la información recibida por las diferentes firmas comerciales.

En la actualidad las diversas empresas de semillas nos ofrecen aproximadamente ochenta variedades diferentes de sandía.

Para estas variedades podemos hacer grupos:

1. Variedades de corteza verde oscuro "tipo Sugar Baby".
2. Variedades de corteza rayada "tipo crinson".

Actualmente se está produciendo un constante incremento en la demanda de la sandía triploide, estas facilitan el consumo y son muy apreciadas por un segmento de mercado muy exigente.

2.3.2 Variedades cultivadas en invernadero.

2.3.2.1 Variedades de sandía híbrida.

Como decíamos antes y al objeto de obtener variedades más precoces, productivas y de mayor calidad, como así mismo resistentes a enfermedades, se han generalizado en invernadero el empleo de variedades híbridas de sandía. Dichas variedades son generalmente de frutos pequeños y aunque no sean siempre resistentes a enfermedades, algunas variedades presentan diversos grados de tolerancia a ellos, lo que unido a una excelente calidad y alta producción están sustituyendo a las variedades típicas cultivadas hasta entonces.

De entre las variedades cultivadas destacan las siguientes: Dulce Maravilla, S et Marvel, Resistent, Norma y Sanin. todas ellas de "tipo Sugar".

2.3.2.2 Variedades de sandía sin semillas.

En 1951 Japón y USA iniciaron las investigaciones para la obtención de plantas triploides productoras de frutos sin semilla (apirenas). Fue a partir de 1980 cuando se empezó a cultivar variedades comerciales. Estos híbridos poseen como característica más notable frutos carentes de semillas viables, o muy pocas, de color blanco, cuya formación no se ha completado (semillas abortadas), ya que una vez cuajada la flor, tanto el fruto como la semilla inician el proceso de crecimiento; pero por anomalías en sus cromosomas, estos no pueden repartirse con regularidad al formarse los gametos y se producen perturbaciones en las divisiones de reducción que ocasionan la esterilidad. Las plantas de variedades triploides interrumpen como decíamos el proceso de crecimiento de las semillas quedando estas rudimentarias.

La obtención de plantas triploides se forman a partir del cruce de una planta tetraploide ($4n$), que actúa como progenitor femenino con una planta diploide ($2n$), que actúa como progenitor masculino. Para conseguir, en primer lugar, estas plantas tetraploides se sigue un proceso complejo por el cual y con la utilización de diferentes productos, principalmente con el alcaloide colchicina ($\text{CH}_{22}\text{H}_{25}\text{O}_6\text{N}$) que provoca duplicación cromosómica, las células que tenían $2n$ cromosomas pasan a tener $4n$. Una vez cruzadas estas plantas tetraploides con las diploides se originan plantas triploides estériles y con un porcentaje muy alto de semillas no viables.

Estos híbridos o variedades sin semilla presentan ciertas características a tener presentes:

- Los frutos son de buena calidad, con producciones y calidad comparables con las variedades no apirenas. Los frutos obtenidos son resistentes al transporte. Con algunas variedades pueden recolectarse frutos muy voluminosos.
- Al ser estéril el polen, de estas plantas, es necesario intercalar plantas diploides que actúan como líneas fértiles polinizadoras. Se aconseja entre un 25-30 % de líneas polinizadoras en un cultivo.
- Durante el cultivo ha de evitarse el uso de abonos nitrogenados y de riegos para evitar un desarrollo exagerado de las plantas, muy propenso a ello. Igualmente han de recolectarse los frutos una vez completada su maduración por tener un punto de madurez muy corto.
- Como principal inconveniente de estas variedades es el alto coste de las semillas.

La utilización de variedades apirenas presenta los siguientes inconvenientes:

- Bajo poder germinativo de la semilla y alto precio.

- Necesidad de polinizador.
- Tamaño excesivo de los frutos.
- Cielo muy largo.

No obstante, la sandía sin semilla se va abriendo poco a poco mercado, tanto para el mercado nacional como para la exportación. Los consumidores extranjeros la exigen cada vez más a pesar de los precios que, a veces, puede duplicarse con respecto a las normales.

De entre las variedades cultivadas destacan las siguientes: Reina de Corazones, Iris, Emerald, Sunrise, Boston, Tigre, Rosi, Duquesa, todas ellas "tipo Crimsom", y Fashion de "tipo Sugar"

2.4. El injerto en la sandía.

2.4.2. Métodos de injerto en Cucurbitáceas.

2.4.2.1 De aproximación.

- Sembrar en bandeja la sandía, con sustrato suelto. Mantener en invernadero a 15-30° C. de temperatura.
- A los 5-7 días, sembrar el patrón, también en bandeja de siembra.
- Cuando en el patrón aparece la primera hoja verdadera, injertar.
- Arrancar con raíces la planta del patrón y de la variedad.
- Eliminar el brote del patrón, dejando solo los dos cotiledones.
- Hacer una incisión en el patrón comenzando por debajo de los cotiledones, hacia abajo, de 1-1,5 cm. y hasta la mitad del tallo.
- Eliminar la piel del tallo de la variedad en la zona de soldadura.
- Hacer incisión de abajo a arriba, comenzando 2 cm. por debajo de los cotiledones.
- Ensamblar patrón e injerto y sujetar con pinza o cinta.
- Plantar en una maceta de 10 cm. de diámetro separando los tallos en ambas plantas para facilitar el corte posterior.

- Mantener las plantas en invernadero a 25-26° C. Durante los dos o tres primeros días, sombrear las plantas.
- A partir de ese tiempo, levantar el sombreado y airear progresivamente. Si aparece marchitez en las plantas, continuar con el sombreado un poco más.
- A los 10 días del injerto, cortar el tallo de la variedad (hacer una prueba previa con algunas plantas) justo por debajo del injerto.

2.4.2.2 Injerto de púa en hendidura.

- Sembrar el portainjertos en bandeja, con semilla pregerminada especialmente si es semilla dura.
- Sembrar la variedad en bandeja.
- Repicar el portainjertos a maceta, cuando comienza a desplegar los cotiledones.
- Injertar cuando aparece la primera hoja verdadera en el injerto.
- Cortar el tallo de la variedad 1,5 cm. por debajo de los cotiledones y hacer un bisel de 0,6-1,0 cm. en su extremo.
- Eliminar el brote del portainjertos y hacer una hendidura entre los cotiledones, hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1-1,5 cm. de longitud.
- Insertar la púa en la hendidura y ligar con pinza o cinta.
- Regar la maceta (sin mojar el injerto) y colocarla en ambiente cálido (23-25° C) y húmedo y sombrear ligeramente.
- A partir del cuarto día retirar el sombreado paulatinamente y a la semana retirarlo completamente y comenzar a ventilar.
- A las dos semanas ya se puede trasplantar.

2.4.2.3 Injerto de perforación lateral.

Preparación de las plantas como en el caso anterior.

- Eliminar el brote de la calabaza.
- Meter un "cuchillo de bambú por una parte de la calabaza y saliendo 1 cm. por debajo de un cotiledón, de forma que llegue a sobresalir un poco.
- Cortar la variedad 1-1,5 cm. por debajo de los cotiledones y hacer un bisel de 5-6 mm en su extremo.
- Sujetar un cotiledón del portainjertos con la mano izquierda y la púa en la derecha e introducir ésta de golpe en la perforación. Debe quedar sujeta de manera que al tocarla con el dedo no se mueva.

- Regar la planta sin mojar el injerto y mantener el ambiente cálido y húmedo, como en el caso de púa en hendidura.
- Una modificación expuesta por la firma de semillas japonesas KANDA SEED, consiste en que:
- Se injerta cuando en el patrón y en la variedad apunta la primera hoja verdadera.
- Se corta el patrón a ras de suelo y una vez injertado, se planta en maceta para que se produzca su enraizamiento simultáneamente a la cicatrización del injerto.

2.4.2.4 Injerto de empalme.

- Preparación de plantas como en casos anteriores, pero con el patrón plantado en maceta o bandeja definitiva.
- Cortar el patrón en diagonal, justo por debajo de los cotiledones.
- Introducir un tubo de polietileno transparente que ajuste con el tallo, por el extremo cortado.
- Cortar el melón o sandía por debajo de los cotiledones en un ángulo similar al anterior e introducir la planta en el tubo de manera que ajuste con el corte del patrón.
- Mantener el tubo unos 12 días, hasta que se produzca la cicatrización del injerto, conservando las plantas en ambiente adecuado para que se produzca la soldadura.
- Cortar y retirar el tubo de plástico.

2.4.2.5 Injerto de cuña.

En principio es como el de perforación lateral.

- Se decapita el brote del patrón.
- Se hace un corte en el lado opuesto a la primera hoja de 1,5 cm. hacia abajo desde la epidermis hasta la mitad del tallo.

- Se corta la variedad unos 2 cm. por debajo de los cotiledones eliminando la corteza a uno o ambos lados.
- Se introduce la púa en el patrón y se sujeta con pinza.
- Mantener la humedad relativa en 85-90% y la temperatura en 25-35° C. Bajar la mínima de 15° C disminuye fuertemente el porcentaje de prendimientos.

2.5. Exigencias del cultivo de sandía.

2.5.1. Exigencias edáficas del cultivo de sandía.

La sandía es un cultivo que prefiere suelos fértiles, profundos, bien aireados y de consistencia media (silíceo-arcillosos).

Tolera poco los suelos pesados (arcillosos), pues es sensible a la asfixia radicular ya que la presencia constante de agua en el suelo reduce el desarrollo vegetativo por exceso de humedad. Es un cultivo que tolera medianamente la salinidad del suelo y del agua de riego, la aguanta más que el calabacín y el pepino. Prefiere suelos cuyo pH oscile entre 6 y 7,5, es decir de neutro a ligeramente ácidos.

En concreto en Almería, el cultivo de sandía bajo invernadero y el utilizar como sistema de cultivo el enarenado hace que el suelo sea un factor poco decisivo para la implantación del cultivo de sandía.

2.5.2. Exigencias climáticas del cultivo de sandía.

Durante la fase de germinación la sandía necesita unas temperaturas que oscilen 21 y 35 ° C, el mínimo térmico necesario que se establece en 15,5 ° C, temperatura por debajo de la cual disminuye la germinación. Por encima de 35-40 ° C la germinación se dificulta, realizándose más lentamente.

Después de la germinación y emergencia es aconsejable que la temperatura del invernadero no baje de los 20°C durante la noche, ni sobrepase los 30 ° C durante el día. Las temperaturas inferiores a los 10-12°C retrasan el crecimiento y la floración, alargándose el ciclo vegetativo.

Cuando las sandías están en la primera fase de crecimiento no es conveniente que se llegue a temperaturas superiores a 35 ° C ya que la transpiración de éstas es muy grande y se pueden producir daños graves como es la deshidratación de las plantas, el daño se incrementa con humedades relativas bajas.

La temperatura óptima para el desarrollo de la planta oscila entre 25 y 28 °C. En cuanto a la floración la temperatura óptima oscila alrededor de los 20 °C. Para la maduración de los frutos, la sandía prefiere temperaturas superiores a los 20 °C.

Para plantaciones que se realicen durante los meses fríos, es interesante utilizar técnicas de semiforzado de plástico dentro del invernadero, para así acercarnos a las temperaturas óptimas del cultivo, a la vez que adelantamos los diferentes estadios fenológicos de la planta produciéndose la floración con anterioridad, muy importante

desde el punto de vista del mercado, ya que cuanto más temprana sea la recolección mayor va a ser el precio del kilo de sandía en el mercado.

Generalmente la humedad relativa óptima para el cultivo de sandía en invernadero está entre el 60 % y el 75 %. Una humedad relativa superior al 90 % provoca pérdida de frutos por deficiente fecundación e incremento de enfermedades.

2.6. Floración y cuajado de la sandía.

2.6.1. Polinización natural.

Desde el punto de vista reproductivo, la fecundación comienza con la emisión de los granos de polen, éstos son transportados desde la flor masculina a la flor femenina por medio de las abejas, otros insectos o el aire. Una vez que el polen está sobre el estigma de la flor se produce su germinación y la emisión del tubo polínico, el cual avanza por el interior del estilo hasta que llega a la cercanía del óvulo. Se produce la división del núcleo germinativo del grano de polen y la doble fecundación de la ovocélula y el núcleo secundario. El cigoto formado comienza a dividirse para ir formando el embrión y el núcleo trípode hace lo propio y forma los tejidos de reserva de la futura semilla. Las cubiertas de los óvulos se transformarán en las cubiertas de la semilla (Camacho, 1999).

La emisión del tubo polínico y su posterior desarrollo está condicionada por la naturaleza bioquímica del jugo que recubre el estigma y de los nutrientes suministrados por el estilo. El desarrollo del tubo polínico ha de ser rápido, de modo que cuando llegue al óvulo éste se encuentre vivo. Todo este proceso descrito puede verse alterado por una serie de circunstancias que traen como consecuencia la falta de fecundación, que se traduce en falta de frutos, es decir en esterilidad.

Para conseguir un buen desarrollo del fruto de sandía se considera necesaria la afluencia media de 500-1000 granos de polen/flor femenina, esto se consigue con una población de una abeja por cada 100 flores femeninas y unas diez visitas de la abeja a la flor (Collison, 1989; Maynard, 1989).

Las causas de la esterilidad son diversas. Las más frecuentes son:

- Emisión de polen no viable.
- Falta de sincronización en la maduración del polen y óvulos. No se da dentro de una misma variedad pero si es frecuente entre variedades distintas.
- A veces ocurre que cuando el polen llega al ovario el óvulo no está por aborto del mismo.

- En otros casos el polen se encuentra con un óvulo cuya posición cromosómica es diferente a la de él. Es el caso de la polinización entre variedades triploides y diploides.

La fecundación de la flor está influenciada por la acción de ciertas hormonas, por la climatología desfavorable, el frío y la falta de luminosidad, que ejerce una acción retardada en la apertura total de la flor impidiendo la acción de los insectos polinizadores.

Si la humedad ambiental es excesiva o la temperatura es baja y fluctuante se puede ver afectado el proceso de dehiscencia de las anteras, impidiendo el desprendimiento de los granos de polen por un apelmazamiento de estos.

Unas temperaturas nocturnas inferiores a 10°C pueden provocar la rotura o estrangulamiento del tubo polínico e impedir el paso del polen, por lo que la flor aborta. (Reche, 1994).

La sandía necesita de gran cantidad de granos de polen para que tenga lugar un buen cuajado y desarrollo de los frutos. Una polinización escasa produce frutos deformados. Por ello resulta conveniente colocar colmenas, al menos dos por hectárea para asegurar una buena polinización.

En particular en el cultivo de sandías sin semillas esta práctica resulta mucho más necesaria, ya que las variedades triploides producen muy poco polen y se necesita intercalar un suficiente número de plantas de polinizador (buena variedad cuyas flores masculinas produzcan abundante polen) para asegurar una buena cantidad de polen por flor triploide femenina (López Galarza *et al.*, 1996)

La elección del cultivar polinizador se va a realizar en función de la sandía a polinizar, si ésta es de "tipo Crimson" la diploide será "tipo Sugar" y viceversa, para evitar los problemas que se podrían generar a la hora de la recolección, al confundir sandía sin semillas con sandía con semillas.

Desde el punto de vista del cultivo en invernadero la asociación de sandía diploide con triploide es óptima siempre que coincidan las floraciones de polinizadora y polinizada en la relación 30-40 % de polinizadora, 60-70 % de polinizada (Camacho y Fernández-Rodríguez, 1997).

2.7. Fisiología del desarrollo de los frutos.

El fruto proviene del desarrollo del ovario y su formación se produce en dos fases:

- a) División celular.
- b) Crecimiento celular.

En la primera, las células solamente se dedican a dividirse, incrementándose muy poco el volumen del ovario, ya que lo que hay es un reparto del material nuclear con las células hijas. Una vez completada esta fase, las células hijas comenzarán a incrementar su tamaño, por la acumulación de azúcares y otras sustancias orgánicas proporcionadas por las hojas.

Paralelamente a estos procesos se lleva a cabo el desarrollo de las semillas, una vez que el fruto ha alcanzado su tamaño máximo comienza el proceso de maduración. Proceso de aumento de peso y volumen del fruto (Camacho, 1997):

Se distingue un primer periodo de escaso desarrollo, fase de división celular (514 días en función de variedades y climatología). Le sigue un segundo periodo con gran aumento de tamaño de los frutos, fase de engrosamiento celular (15-25 días en función de las variedades y climatología). Desde que se produce la fecundación al momento del corte del fruto media un periodo de 25-45 días, menor a medida que la plantación es más tardía.

2.8. Labores culturales en la sandía.

A continuación se abordan de modo cronológico las labores culturales que se realizan en el cultivo de sandía injertada, enarenada y bajo invernadero plástico en la provincia de Almería.

2.8.1. Preparación del suelo.

Se retira el cultivo procedente y se limpian los restos de cosecha anterior, de modo que quede el enarenado perfectamente limpio.

Se extienden las líneas de goteros en función del marco de plantación que vayamos a emplear.

Se realizan los hoyos en la arena hasta llegar al suelo, roturándolo incluso con la azadilla para que quede más suelto. A estos hoyos se le puede añadir materia orgánica para mejorar el desarrollo de raíces tras el trasplante.

En caso de acolchar toda la superficie de la parcela, debemos de hacer los agujeros al plástico para que la planta pueda emerger. También, dependiendo del sistema que se utilice para dejar emerger la planta a través del plástico, el acolchado puede hacerse en posplantación.

Riego pretrasplante.

2.8.2. Plantación.

La planta injertada con cepellón se adquiere en semillero especializado. Para la puesta se procede del siguiente modo: en cada uno de los hoyos abiertos con anterioridad se deposita un cepellón, de modo que la base del mismo esté en contacto con el suelo que previamente se había mullido, el resto del cepellón se cubre con arena.

Este sistema de plantar, que se ha popularizado en los últimos años, consigue que el extendido de raíces y el agarre de las mismas al suelo sea más rápido, pero es exigente en cuidados hasta que este se produce ya que si dejamos la arena secar se pueden producir pérdidas de plantas.

Es importante que la zona del injerto quede por encima de la arena, para evitar que entre en contacto con esta y la humedad que proporciona el riego, le haga emitir raíces, pues el franqueo de la variedad puede hacer que las plantas se vean afectadas de *Fusarium sp.*, al realizar el ataque a dichas plantas por estas raíces.

Es conveniente dar un tratamiento preventivo al suelo por medio del agua de riego, a los cinco días del trasplante con TMTD a la dosis de 750 g de producto comercial formulado al 80 %, por 1000 m².

2.8.3. Poda.

El objetivo de la poda en sandia es controlar su crecimiento, en cuanto a la forma, si eliminamos brotes principales se adelanta la brotación y el crecimiento de los secundarios.

Esta labor se realiza de modo optativo en función del marco elegido; se elimina el brote principal cuando éste tiene de cinco-seis hojas, iniciándose rápidamente la brotación y crecimiento de los brotes que existen en las axilas de las mismas. Con ello se consigue realizar una planta de formación más redondeada.

No existen diferencias en la producción de sandias a las que se les realiza poda y a las que no se les realiza.

2.8.4. Escardas.

Si se ha acolchado el terreno no se realiza. Con ella se pretende eliminar las malezas que hayan emergido en el terreno y que sean competidoras con el cultivo. La herramienta que se utiliza es un cortahierbas, está formado por una cuchilla que se introduce en la arena unos 2 cm. y corta las malas hierbas a la vez que mueve la arena, pero esta labor se ve muy dificultada ya que la planta de sandia cuando se desarrolla ocupa todo el terreno.

Otra técnica que se ha generalizado, como lucha contra las malas hierbas, es el acolchado del suelo con plástico negro, éste se puede poner cubriendo todo el suelo o simplemente cubriendo las hileras de las plantas y de los goteros ya que ésta va a ser la zona donde la emergencia de malas hierbas sea mayor.

La sandía, al igual que el resto de las cucurbitáceas, es muy sensible a la aplicación de herbicidas. No se realiza en Almería escarda química en este cultivo, aunque de forma esporádica se emplea en rodales localizados de grama fluazifop 12,5 % a razón de 1,5 cc. de producto comercial por litro de agua. Se procurará no mojar en exceso la hoja de sandía.

2.8.5. Técnicas de semiforzado.

En las primeras fases del cultivo, y según las fechas de plantación de éste, se utilizan tunelillos de plástico de 100 a 200 galgas o bien cubiertas flotantes de agrotexil.

Los tunelillos están formados por arcos de alambre de 3-5 mm de diámetro separados 1,5 m, sobre ellos se extiende una lámina de plástico de 1,3-1,5 m de anchura y 200 galgas de espesor, los bordes se entierran en el suelo quedando un túnel transparente sobre hileras de plantas. A medida que el tiempo va siendo más cálido y las plantas van creciendo, se van haciendo agujeros en el plástico, acabando por retirarlo definitivamente. Las cubiertas flotantes consisten en colocar una lámina de agrotexil directamente sobre las plantas. Proporciona una protección térmica muy similar a la del túnel, con la ventaja que permite la ventilación, por lo que no se alcanzan temperaturas tan altas en su interior como en los tunelillos. La cubierta debe retirarse cuando comienza la floración, para que las abejas puedan acceder a las flores y se produzca una buena fecundación.

2.8.6. Blanqueo del invernadero.

A partir del mes de mayo se procede al sombreado del invernadero mediante el blanqueo de la cubierta plástica del invernadero con "blanco de España". La dosificación del blanco es en función del tipo de invernadero en cuanto a superficie forma, de la vejez del plástico, así como del sombreado que se quiera conseguir, realizando un gasto de $1000 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Camacho Ferre. F, 1999).

2.8.7. Marcos de plantación.

El marco de plantación en sandía injertada en Almería es de 2x2 ó 4x1 metros, lo que da una densidad de plantación de $25000 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$. Con estos marcos se han obtenido resultados productivos de $10\text{-}14 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Es preferible el marco 4x1, ya que de este modo se aprovechan mejor el agua y los fertilizantes, nos permite anular más ramales portagoteros y por tanto se produce un descanso de cierta parte del suelo. No influye para nada en la ocupación de toda la superficie del suelo por la planta. Además, en caso de utilización de materiales de semiforzado (plástico, manta térmica) permite reducir la cantidad necesaria a la mitad.

2.8.8. Fisiología de la maduración del fruto.

La maduración del fruto es un fenómeno complejo, que tiene lugar una vez se ha alcanzado el tamaño máximo de éste. Consiste fundamentalmente en cambios bioquímicos cuyo resultado es la transformación del fruto de color verde brillante, con carne dura de color blanco, sin sabor y olor, en frutos de color verde apagado, carne coloreada, blanda y sabor dulce.

Los cambios que se producen son:

- Reblandecimiento: fundamentalmente se debe al paso de la protopectina, insoluble, que cubre las paredes celulares a pectinas más o menos solubles, por acción de dos enzimas: la protopectinasa y la pectasa. Este proceso

depende de la temperatura y del contenido de oxígeno del aire que rodea a los frutos.

- **Endulzamiento:** desaparece el almidón presente en el fruto verde y se transforma en azúcares solubles, junto a la producción de azúcares "dulces" se produce la desaparición de sustancias tales como ácidos orgánicos y taninos, responsables de sabores agrios y/o ásperos de los frutos verdes. Este proceso depende de la temperatura, del contenido de oxígeno y del etileno.
- **Aromatización:** se debe a la formación de alcoholes libres, o esterificados con ácidos orgánicos, se producen a consecuencia del depósito de las pectinas gelificadas sobre las paredes celulares: estos depósitos dificultan el intercambio gaseoso del interior de las células, con lo que se producen reacciones parcialmente anaeróbicas, que tienen como resultado la formación de dichos alcoholes.
- **Coloración:** paso del color verde típico de los frutos no maduros a su color característico, se debe a la desaparición de la clorofila y a la aparición de pigmentos nuevos, tales como el caroteno o la xantofila. Este proceso depende de la luz, del contenido de oxígeno y de la temperatura (valor medio y salto térmico).

2.8.9. Recolección.

El corte de fruto de sandía lo hacen especialistas en esta labor. Síntomas externos que indiquen que el fruto para cosecharlo son:

- Cuando el zarcillo que hay en el pedúnculo del fruto está completamente seco o la primera hoja situada por encima del fruto está marchita.
- Dando capirotaeos con los dedos, si el sonido que se produce es sordo.
- Cuando se oprime entre las manos, se oye un sonido claro como si se resquebrajase interiormente.
- Rayando la corteza (piel) con las uñas se aprecia una separación fácil de la misma.
- Si la "cama" del fruto está amarillo marfil.
- Cuando haya desaparecido la capa cerosa "pruina" que hay sobre la piel del fruto.
- El fruto ha perdido un 35- 40 % de su peso máximo.

Los rendimientos oscilan bastante, en función de las múltiples variables que influyen en la producción. Como término medio se puede decir que se sitúan entre 6-10 kg•m⁻² (Camacho, 1997)

2.9 Plagas y enfermedades.

2.9.1 Plagas.

Trips.

A finales de los años 80, aparece en los invernaderos de la zona la especie de trips "*Frankliniella occidentalis*" insecto que se adapta a todo tipo de cultivos protegidos, así como a un gran número de malas hierbas de la calle. Las hembras realizan la puesta inserta en el tejido vegetal. Las larvas y adultos pican y succionan la savia para alimentarse, inyectando saliva y finalmente dejan las células vacías que toman un aspecto plateado al principio y necrosado al final, con pérdida de fotosíntesis por parte de las hojas.

En el trasplante y primeros meses del otoño las poblaciones son muy bajas, probablemente por las altas temperaturas que tenemos en los invernaderos, pero éstas aumentan conforme se alarga el otoño, se mantienen en invierno y se incrementan en primavera.

En sandía prefieren como órgano vegetal de colonización la flor ya que el polen es su alimento preferido.

Cuando los frutos están en estado joven se observan las manchas de picaduras y puestas sobre los mismos, pero a medida que el fruto se desarrolla estos puntos se vuelven prácticamente imperceptibles. Para que los daños se puedan apreciar en frutos maduros las poblaciones de trips existentes tienen que ser enormes.

Pulgón.

Son varias las especies de áfidos que puntualmente pueden ser plaga. Los más comunes y polípagos son: "*Myzus persicae*" o pulgón verde del melocotonero, "*Aphis gossypii*" o pulgón del algodónero y "*Macrosiphum euphorbiae*" o pulgón verde del tomate o de la patata.

La distribución en el invernadero suele ser por focos o rodales, dando tiempo a actuar antes de que se generalice la plaga. Pueden cerrar su ciclo biológico en cualquier época del ciclo del cultivo del tomate, prefiriendo las temperaturas altas.

Los daños directos son consecuencia de la succión de la savia, segregación de melaza e inyección de toxinas, teniendo como consecuencia la deformación de hojas tiernas y brotes.

Como daños indirectos, todos estos áfidos son transmisores de un amplio abanico de virus, siendo el tomate susceptible principalmente al CIVIV (Virus del Mosaico del Pepino) y al PVY (Virus Y de la Patata). Por ser la transmisión en forma “no persistente” y ser muy baja la expectativa de entrada masiva de formas aladas de pulgón, es excepcional ver estos virus en nuestros invernaderos.

Es frecuente encontrar en sandía *Aphis fabae*. Forman colonias en el envés de las hojas. El ataque a las plantaciones lo inician también por focos.

Producen abarquillamiento y deformación de las hojas, instalación de negrilla sobre la melaza que segregan incluso en los frutos si el ataque es fuerte, debilitamiento de la planta y pueden ser agentes vectores de virosis.



Figura 13. Ataque de pulgón durante el cultivo.

Mosca blanca.

Es el nombre vulgar de dos especies muy polífagas que cohabitan en nuestros invernaderos: “*Trialeurodes vaporariorum*” y “*Bemisia tabaci*”, siendo la segunda la más temida por ser transmisora del virus de la cuchara (TYLCV) en tomate de forma persistente, virus que en los cuatro últimos años ha producido grandes daños.

Hasta finales de los 80, solo teníamos *Trialeurodes*, que producía tanto daños directos (por la propia succión de savia por las larvas) como indirectos (al excretar una especie de melaza, que sirve para que en ella se implante la “fumagina” o negrilla”, hongo de aspecto negro pulverulento, que reduce la actividad fotosintética y de transpiración de la hoja y puede manchar al fruto con la correspondiente depreciación comercial. Con la aparición de “*Bemisia tabaci*”, hemos visto como en un espacio pequeño de tiempo ha desplazado en nuestras zonas a *Trialeurodes*.

Se observan los primeros adultos en las plantas recién trasplantadas, cerca de las bandas, en el verano y su control es difícil, sobre todo con productos de contacto, puesto que están y hacen la puesta en el envés de las hojas. Son capaces de cerrar su ciclo reproductivo durante todas las estaciones del año, aunque en invierno se distancie en el tiempo. Los adultos son unas pequeñas moscas de color blanco de aproximadamente 2 mm de longitud en el caso de la *Trialeurodes* y algo más pequeña la *Bemisia*. Las larvas son ovaladas, generalmente se desarrollan en el envés de la hoja.

Las larvas y adultos se alimentan de las plantas pero el daño por este motivo no es muy acusado en sandía, al contrario que en tomate.

Minador o Submarino.

Son varias las especies del género *Liriomyza*. Como autóctonas “*Liriomyza bryoniae*” o minador del tomate y “*Liriomyza strigata*”, siendo las especies más frecuentes encontradas en Almería que atacan a sandía *Lirioniza trifolii* y *Lirioniza huidobrensis*. Las puestas son insertas en el parénquima de la hoja, pasan por tres estados larvarios produciendo galerías y pupan en el suelo a unos 5 cm de profundidad o en el envés de la hoja. Los adultos son moscas de 2 mm de longitud de colores amarillo y negro.

Los daños directos son consecuencia de las galerías, que reducen la fotosíntesis, llegando en ataques graves al marchitamiento de folíolos y hojas enteras. Como daños indirectos, la zona necrosada de la hoja es fuente de entrada e instalación de hongos patógenos como botritis y liveillula. Cuando el ataque es muy intenso esta plaga puede llegar a causar la destrucción de la plantación.

Orugas.

Son varios los lepidópteros que pueden llegar a ser plaga en los invernaderos del poniente almeriense:

“Heliothis armigera”, se caracteriza por introducirse en los frutos en los primeros estadios larvarios, y pupa en el suelo enterrándose en los primeros centímetros de éste.

“Autographa gamma” y *“Chysodeisis chalcites”* se caracterizan por que sus larvas al caminar arquean el cuerpo, de ahí el nombre de camello. Sus daños son principalmente por su voracidad defoliadora.

“Spodoptera exigua” (la gardama) y *“Spodoptera litoralis”* (rosquilla negra) son dos noctuidos de costumbres similares pudiendo dañar hojas, tallos y frutos, sin llegar a introducirse en éstos como lo hacen en el caso del pimiento.

Las orugas pueden aparecer como plaga a finales de verano o principio del otoño coincidiendo con vuelos de mariposas de la calle. El aislamiento del invernadero del exterior (no tener el plástico roto, mallas en las ventilaciones, bandas y puertas herméticas, etc.), evitará la entrada de los adultos, de hábitos nocturnos.

En sandía el más peligroso es el adulto de *Spodoptera* que es una mariposa de unos 3 cm con dos pares de alas, las anteriores son de color pardo grisáceo entrecruzándose líneas de color más oscuro, las alas posteriores son de color blanco. Las larvas son de color pardo verdes llegando a tener una longitud de 3,5 cm.

Los daños suelen presentarse por focos, éstos solo lo causan las larvas que se alimentan de hojas y de la piel de los frutos que quedan depreciados para el mercado, ya que presentan mal aspecto alternándose de modo indiscriminado zonas secas con piel sin dañar.

Araña roja.

Es una plaga que va muy unida a las condiciones climáticas que existen en el invernadero y en el manejo que hacemos del cultivo. Los daños los produce el ácaro *Tetranychus urticae*, se le conoce vulgarmente como araña roja por el color que presenta en su fase adulta.

Las colonias se localizan preferentemente en el envés de la hoja, su temperatura óptima de desarrollo es 32 °C y baja humedad. En el haz de la hoja se producen manchas amarillentas que terminan por secar la hoja. En los frutos también se producen daños, apareciendo unas manchas blanquecinas que los deprecian para el mercado. El ataque se produce por focos.

Nematodos.

En horticolas en Almería se han identificado las especies *M. Javanica*, *M. Arenaria* y *M. incógnita*. Afectan prácticamente a todos los cultivos horticolas, produciendo los típicos nódulos en las raíces que le dan el nombre común de “batatilla”. Penetran en las raíces desde el suelo. Las hembras al ser fecundadas se llenan de huevos tomando un aspecto globoso dentro de las raíces. Esto unido a la hipertrofia que producen en los tejidos de las mismas, da lugar a la formación de los típicos “rosarios”.

Estos daños producen la obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, traduciéndose en un menor desarrollo de la planta y la aparición de síntomas de marchitez en verde en las horas de más calor, clorosis y enanismo.

Se distribuyen por rodales o líneas y se transmiten con facilidad por el agua de riego, con el calzado, con los aperos y con cualquier medio de transporte de tierra. Además, los nematodos interactúan con otros organismos patógenos, bien de manera activa (como vectores de virus), bien de manera pasiva facilitando la entrada de bacterias y hongos por las heridas que han provocado.

2.9.2 Enfermedades.

Mildiu de la sandía.

Enfermedad ocasionada por el hongo *Pseudoperonospora cubensis*. Ocasiona manchas necrosadas en las hojas. Para la germinación de las conidias y desarrollo de la enfermedad exige temperaturas elevadas y períodos húmedos. El hongo se desarrolla con humedad relativa del 80-90% y temperaturas comprendidas entre los 15 y 25° C. Las temperaturas inferiores a los 5° C o superiores a los 35° C detienen el crecimiento.

El hongo ataca a las hojas y tallos principalmente. Las hojas aparecen cloróticas entre las nervaduras. Por el envés aparece con una vellosidad violácea-grisácea constituida por los filamentos microscópicos y por las esporas del hongo. La planta presenta, en principio, un color grisáceo y se oscurece hasta llegar a secarse. Los frutos no adquieren sabor ni color.

Oídio de la sandía.

Producida, principalmente, por el hongo *Erysiphe cichoracearum*, que se desarrolla sobre la superficie de los tejidos afectados. Los daños se inician a partir de los 20° C, no es necesaria una elevada humedad ambiental para la germinación de las esporas.

Los daños se producen al cubrir el micelio del hongo toda la superficie de la hoja, ésta detiene sus funciones. El aspecto general de la planta es sucio y pulverulento.

Los frutos raramente son atacados; pero avanzada la enfermedad, éstos maduran prematuramente, no tienen sabor ni color característico y resultan pequeños y de forma irregular.

Antracnosis de la sandía.

Producida por el hongo *Colletotrichum lagenarium*; ataca a las hojas, tallos y frutos. Se propaga por las semillas de frutos enfermos, las lluvias y las aguas superficiales de riego diseminan las esporas. La germinación y desarrollo del hongo tiene lugar entre los 20 y 30° C. El tiempo húmedo y lluvioso favorece la esporulación y su diseminación. Los daños afectan a las hojas, tallos y frutos. (Reche, J. 1991).

Hojas: Manchas más o menos circulares de color amarillento-ocre, que se oscurecen poco a poco hasta convertirse en color atabacado. Ello da a la plantación un aspecto chamuscado; las zonas de la hoja que presentan estas manchas pueden, a veces, caerse.

Tallos: Se observan en los tallos y pecíolos lesiones algo hendidas, que, a veces, rodean al tallo y terminan por secarle en esa zona.

Frutos: Los atacados presentan lesiones circulares u ovaladas de 1 a 2 cm de diámetro que afectan no sólo el epicarpio sino también la pulpa. Estas manchas se ablandan poco a poco y luego se agrietan y aparece el tejido podrido. Las manchas pueden estar aisladas o reunidas en gran cantidad, su color es claro con un halo oscuro. En el centro de las depresiones se observan, a veces, las masas rosadas de los órganos reproductores del hongo. La podredumbre de tejidos que se ocasiona constituye un medio idóneo para las bacterias que atacan a los frutos.

Evitar la humedad excesiva en el suelo y la aplicación de grandes cantidades de abonos orgánicos, pueden controlar su aparición, así como, limpiar y secar los frutos antes de almacenarlos, eliminar los sospechosos. También se deberán cambiar de posición los frutos al objeto de que no se apoyen siempre en el mismo lado.

Alternaría de la sandía.

No es frecuente la aparición de este hongo en el cultivo de la sandía y sólo ataca a plantas débiles. En las hojas se observan manchas oscuras, al principio amarillentas y después necrosadas, aisladas y algo más pequeñas que las que se aprecian en las hojas del tomate. Con ataques intensos se produce defoliación.

2.9.2.1 Otras enfermedades producidas por hongos.

Cladosporiosis.

Las enfermedades conocidas por cladosporiosis causan daño en los invernaderos ya que pueden propagarse en ausencia de agua sobre las plantas; aunque sí necesitan una humedad muy alta. La temperatura óptima oscila entre los 18° C y los 25° C y una humedad superior al 80%. Este hongo pertenece al género *Cladosporium*, especializado en diferentes cultivos.

Septoriosis.

Las esporas de septoria son difundidas por labores culturales y se propaga desde focos muy localizados. La sintomatología general consiste en manchas de pequeño tamaño, redondeadas y con un contorno bien definido.

Esta enfermedad puede afectar a Solanáceas y Cucurbitáceas; sin embargo, es al tomate al que causa los mayores daños.

Botrytis y Sclerotinia.

Estas enfermedades causadas por hongos afectan a todos los cultivos de invernadero, especialmente en los que su desarrollo coincide con épocas de temperaturas medias entre 20-25° C y una humedad relativa por encima del 80%.

Botrytis o podredumbre gris producida por el hongo *Botrytis cinerea*, que es la forma conídica del hongo *Sclerotinia fuckeliana*. Tiene el aspecto de un enmohecimiento gris y produce un considerable número de esporas.

Sclerotinia o podredumbre blanca es producida por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, ocasionando chancros recubiertos de masas blancas algodonosas.

2.9.2.2 Enfermedades producidas por hongos de suelo.

Fusarium.

Varias especies de hongos del género *Fusarium* pueden atacar a las plantas hortícolas, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. roseum*, etc., produciendo como síntomas característicos amarilleo y marchitamiento general de la planta.

El hongo penetra por las raíces y se propaga e invade el sistema vascular. Impide el ascenso de la savia por los vasos conductores. Al principio del ataque las plantas llegan a recuperarse por la noche; pero en estado avanzado la planta acaba por secarse. (Reche, J.1991.).

Verticillium.

A las hortalizas, en invernadero, las atacan varias especies del género *Verticillium*. Los mayores daños son causados por *V. alboatrum* y *V. dahliae*.

Al igual que *Fusarium*, esta enfermedad está comprendida en el grupo de las traqueomicosis por estar producidas por hongos que invaden los vasos de la planta, provocan su obstrucción e impiden el transporte de las sustancias nutritivas y provocan marchitamiento general o de una parte de la planta. La entrada del hongo se realiza desde el suelo y es favorecida por las heridas en las raíces. (Reche, J.1991.).

Pythium.

Entre los hongos del género *Pythium*, el *P. debaryanum* ataca a gran número de especies hortícolas en semillero influenciado por la alta densidad de siembra, terrenos húmedos, condiciones climáticas adversas para la germinación, semillas con débil energía germinativa y siembras profundas. Afecta, principalmente, a las plantas antes de emerger y al cuello de la plántula recién nacida. En todo caso son más resistentes cuando las plantas han desplegado las primeras hojas verdaderas. Los encharcamientos y altas temperaturas, mayores de 35º C favorecen la enfermedad e incrementan su acción en suelos arcillosos, salinos y en los enarenados con arenas finas (limillas). (Reche, J.1991.).

El síntoma característico es un marchitamiento de las jóvenes plantas que se doblan y caen al suelo. La causa es una lesión que rodea al tallo y lo estrangula a ras del suelo.

Phytophthora.

Varias especies de este género atacan a las raíces, cuello y al tallo de las Solanáceas (berenjena, tomate y pimiento), entre las que se encuentran, *P. parasitica* y *P. capsici*, principalmente. (Reche, J.1991.).

2.9.3 Virosis en sandía.

- **WMV-2** (Watermelon mosaic virus-2): virus del mosaico de la sandía. Deformación de hojas y mosaicos en las mismas. Es transmitido por los pulgones.

- **MNSV** (Melon necrotic spot virus): virus del cribando del melón. Estrías necróticas en el cuello y tallos y manchas necróticas en hojas. Se transmite por semilla y el hongo de suelo *olpidium radicale*.

- **CVYV** (Cucumber vein yellowing virus): virus del amarilleamiento de las venas del pepino. Clorosis suaves en hojas que pueden llegar a pasar desapercibidas, otras veces se muestra asintomático en las mismas, donde produce un daño irreparable es en el fruto ya que junto a una necrosis interna fuerte, produce el rajado de los mismos parece

ser que por interferencias que causa en algunos elementos nutritivos. Lo transmite la mosca blanca *Bemisia tabaci*.

2.9.4 Fisiopatías.

Rajado del fruto.

Cuando el fruto es pequeño se produce sobre todo por un exceso de humedad ambiental ocasionado por un cambio de temperatura brusco o una mala ventilación. También influyen, pero en menor medida, las fluctuaciones en la conductividad.

Aborto de frutos.

Puede tener lugar por varias causas: excesivo vigor de la planta, autoaclareo de la planta, mal manejo del abonado y riego, elevada humedad relativa, etc.

Asfixia radicular.

Se produce la aparición de raíces adventicias y marchitamiento general de la planta por un exceso de humedad que provoca ausencia de oxígeno en el suelo. Puede verse influenciada por: suelo demasiado arcillosos y con mal drenaje, alta salinidad en suelo, elevada humedad ambiente, mal manejo del riego, etc.

2.10. Descripción del elicitor y del inhibidor de la nitrificación.

Actualmente, en la agricultura intensiva, existe una tendencia a la utilización de sustancias amigables con el ambiente, donde se busca reducir el uso de productos fitosanitarios convencionales y utilizar de una forma más eficiente los recursos, como el agua y los fertilizantes. La mayoría de las investigaciones últimamente están relacionadas en estas áreas. Un método alternativo es utilizar compuestos que estimulen los mecanismos de defensa que tiene la planta huésped (Pushpalatha et al., 2007). Estas sustancias se conocen como elicitores o fortificantes y por lo general son compuestos que inducen la síntesis de fitoalexinas en los vegetales, buscando que la planta huésped sea más resistente a algún posible estrés, tanto biótico como abiótico (Ebel, J. 1986). La utilización de elicitores como inductores de resistencia sistémica podría ser una estrategia agrícola sostenible, suponiendo una alternativa biológica, ambiental y económicamente viable, frente al uso tradicional de control química contra patógenos (Soliveri et al. 2003). Según Radmon (2003) el término elicitor se define, en general, como moléculas procedentes de la planta (elicitores endógenos) o del fitopatógeno (elicitores exógenos), que son capaces de inducir respuestas estructurales y/o bioquímicas asociadas a la resistencia de las plantas frente al organismo que las ataca.

El desarrollo de sustancias activadoras de la resistencia sistémica adquirida (SAR), como agente de protección de cultivos, se ha investigado bastante recientemente (Borges et al., 2003). Se ha tratado de encontrar sustancias que puedan tener un papel importante

en la señalización del mecanismo de defensa, por lo tanto, estas sustancias, son potencialmente útiles como elicitores de resistencia alto interés (Beyer en Pushpalatha et al., 2007). Se ha demostrado que algunos antibióticos como y mediadores de la respuesta de defensa (Borges et al., 2003).

Algunas sustancias que han sido estudiadas son las oxidantes como el peróxido de hidrogeno (H_2O_2), jasmonatos, etileno y riboflavina (Borges et al., 2003). Existen elicitores de origen biológico y químicos (abióticos), los biológicos más conocidos son: glucósidos, glicoproteínas, péptidos, etc. (Soliveri et al. 2003).

En los últimos años las vitaminas como agentes para la nutrición y el control de enfermedades han tomado gran importancia, elementos nutricionales como fiboflavin y vitaminas como K_3 actúan como inductores de resistencia hacia varios patógenos que causan importantes enfermedades (Pushpalatha et al., 2007). También las vitaminas pueden incrementar el crecimiento vegetativo y reproductivo y fortalecer el material vegetal contra condiciones adversas como temperatura y salinidad de agua (Pushpalatha et al., 2007).

El Grupo de Investigación de Activadores Químicos de las Defensas Naturales de la Planta ha investigado, durante los últimos veinte años, sobre el tema de la inducción de resistencias de las plantas a las enfermedades y otros factores de estrés biótico y abiótico (CSIC, 2006). Aquí se descubrieron las propiedades de las vitaminas K_3 , las cuales nunca habían sido utilizadas en agricultura. La provitamina K (vitamina K_3 o menadiona) proviene de las quinonas. Esta sustancia y sus derivados hidrosolubles son los ingredientes principales de los nuevos productos que se han desarrollado (CSIC, 2006). Este tipo de sustancia se puede clasificar como producto fortificante, debido a que es un exo-inductor abiótico de resistencia o elicitador de resistencia. Funciona estimulando los mecanismos naturales de defensa de la planta (CSIC, 2006). La sustancia activa se considera amigable con el ambiente. El producto es sistémico, biodegradable y no fitosanitario. Además es inocuo para las personas, animales y plantas a las dosis recomendadas para su uso en agricultura (CSIC, 2006). Recientes estudios muestran que ciertos derivados hidrosolubles de las quinonas tienen una capacidad importante para inducir respuestas anti-estrés en plantas, en respuesta a factores desfavorables como una elevada salinidad o daños por agroquímicos.

Desde el año 2005 se está distribuyendo un producto comercial, llamado ACT-2[®]. Actualmente el grupo está llevando a cabo estudios de caracterización molecular de los mecanismos activados en las plantas por uno de los derivados hidrosolubles de la vitamina K_3 (Borges et al., 2004), denominado menadiona sodio bisulfito (MSB), que proviene de la menadiona (CSIC, 2006). Este está relacionado con la respuesta de la planta al estrés biótico y abiótico (Borges et al., 2003). Inicialmente fue estudiado como un regulador de crecimiento (Rama Rao et., al 1985). El ACT-2[®] contiene un 4,8% de MSB y activadores orgánicos (prolina 11%, glicina 10%, alanina 6%, ácido glutámico 5% y otros 12%.

La vitamina menadiona sodio bisulfito (MSB) ha demostrado su poder como inductor en resistencia a algunas enfermedades patógenas (Borges et al., 2003). La vitamina MSB se ha desarrollado en un formato soluble en agua, la cual es el único inductor de resistencia al Mal de Panamá en plantaciones de banana, enfermedad causada por el

hongo de suelo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Borges et al., 2004; Borges et al., 1996). El MSB actúa reforzando el mecanismo natural de defensa, posiblemente por un cambio en la dinámica de acumulación de fitoalexinas, que se biosintetizan por la planta de banana durante la patogénesis (Borges et al., 2004).

Los tratamientos de MSB también han inducido resistencia en *Brassica napus* L. (colza) contra el pie negro o podredumbre de raíz y tallo, causado por el hongo *Leptosphaeria maculans* (Liu et al., 2006; Borges et al., 2003). En este estudio científico, Borges y otros (2003) encuentran que la vitamina MSB no mejora sistemáticamente la expresión del gen PR-1, pero si aumenta la expresión de un gen que codifica peróxido ascórbico (APX) en respuesta a *L. maculans* (Borges et al., 2003). Estos resultados sugieren que el MSB induce resistencia en plantas de colza independientemente al PR-1, más bien está relacionado con el aumento de especies reactivas del oxígeno (ROS). La menadiona es un generador de ROS y MSB es un derivado de menadiona, por lo tanto MSB puede tener un efecto similar, actuando como un generador de ROS, ejerciendo un estrés oxidante (Borges et al., 2003). La acumulación de ROS es potencialmente dañina para las plantas, por lo tanto los daños de oxidación en las células se minimizan con la acción de poderosas enzimas antioxidantes, incluyendo peróxido ascórbico (Burhenne y Gregersen en Borges et al., 2003). El MSB actúa sistémicamente, ya sea a través de la translocación de las hojas tratadas a las hojas no tratadas, o por el aumento directo de la producción de ROS o el aumento de la producción de H_2O_2 en las hojas tratadas, el cual actúa directamente o como inductor de un sistema de señales, que a su vez provoca la producción de ROS en las hojas no tratadas (Borges et al., 2003).

En el trabajo científico realizado por Pushpalatha y otros (2007) se utilizó, entre otros inductores bióticos y abióticos, el MSB para tratar semillas de mijo perla (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) y evaluar su habilidad de inducir resistencia al mildiu, enfermedad causada por el hongo *Sclerospora graminicola*. El mejor resultado se obtuvo al combinar el tratamiento de MSB y niacina con una germinación de 93%, un vigor de germinación de 1401 respectivamente (empleando la metodología de Abdul Baki y Anderson 1973) y una protección del 74%.

En otro orden de cosas, las zonas Almerienses, donde se sustenta la horticultura intensiva están catalogadas como zonas vulnerables y de alto riesgo de contaminación por nitratos en aguas subterráneas. La agricultura necesita fertilizantes minerales con altos contenidos en nitrógeno para incrementar la producción. La causa principal de la contaminación difusa son los nitratos aplicados en la agricultura tanto por los retornos y escorrentías que se producen en los regadíos con aguas superficiales como por la infiltración en el terreno de aguas con alto contenido de nitrógeno en el proceso de riego (Valero de Palma, J. 1998). La aplicación incorrecta de fertilizantes, que con frecuencia sobrepasa las necesidades del cultivo, y las prácticas de riego poco eficientes, favorecen el lavado de nitratos y su incorporación al acuífero. Los problemas se acentúan en las áreas regadas con aguas subterráneas, debido al reciclado de éstas (Valero de Palma, J. 1998).

Una forma de limitar la contaminación por el uso de fertilizantes nitrogenado es el empleo de inhibidores de la nitrificación tales como Diciandiamida (DCD), Nitrapirina (NI), Tiurea (TU), Sulfatiazol (ST), algunas triazinas y el 3,4 Dimetilpirazol Fosfato

(DMPP). Normalmente actúan retardando el proceso de nitrificación o transformación del nitrógeno de forma amoniacal a forma nítrica. El 3,4 Dimetil Pirazol Fosfato (DMPP) es una molécula desarrollada por BASF a finales de los años 90 cuya acción principal es la inhibición temporal de la acción de las bacterias nitrosomonas del suelo.

Este efecto permite bloquear durante un periodo variable el amonio presente en el suelo, el cual proviene principalmente de fertilizantes y descomposición de la materia orgánica. De esta manera no se acumulan nitratos en el suelo y como consecuencia, las pérdidas de N por lixiviación y desnitrificación son reducidas significativamente, aumentando la eficacia de la fertilización. Al bloquearse temporalmente el paso de amonio a nitrato es posible planificar en el fertirriego un aporte equilibrado de N-amonio y N-nitrato, y esta combinación controlada mejora diversos parámetros productivos, así como la absorción de potasio, fósforo, calcio y magnesio. La relación óptima de ambas formas depende de cada cultivo y de los distintos momentos fenológicos. También el DMPP causa una disminución de pH en el área radicular y por lo tanto se facilita la disponibilidad de fósforo y micronutrientes en el suelo. El incremento de la absorción de amonio por la planta produce modificaciones a nivel metabólico, que puede conllevar una reducción de ácidos orgánicos como el oxalato y un incremento de antioxidantes como la vitamina C. Los efectos del DMPP sobre el material vegetal están estudiados principalmente en laboratorio, en pruebas hidropónicas.

2.11 Ciclo del nitrógeno.

Este es quizá uno de los ciclos más complicados, ya que el nitrógeno se encuentra en varias formas, y se llevan a cabo en él, una serie de procesos químicos en los que el nitrógeno es tomado del aire y es modificado para finalmente ser devuelto a la atmósfera. El nitrógeno (N_2) es el elemento que se encuentra en forma libre (estado gaseoso) y en mayor abundancia en la atmósfera (78 %). Se coloca entre los principales elementos biogeoquímicos, sin embargo, es tan estable, que apenas se combina con otros elementos y por tanto, es difícil que los organismos lo asimilen, ya que primero necesitan desdoblarlo y emplearlo en la síntesis de aminoácidos, proteínas y otras moléculas fundamentales para su metabolismo. Por lo tanto, teniendo esto en cuenta, es fácil notar su importancia en la vida de cientos de organismos.

En este sentido, se necesita de una gran cantidad de energía para desdoblarlo y combinarlo con otros elementos como el carbono y el oxígeno. Esta ruptura puede hacerse por dos mecanismos: descargas eléctricas y fijación fotoquímica, que proveen suficiente energía como para formar nitratos (NO_3^-). Este último procedimiento es reproducido en las plantas productoras de fertilizantes.

Sin embargo, existe una tercera forma de fijación del nitrógeno que es llevada a cabo por bacterias que usan enzimas en lugar de la luz solar o descargas eléctricas. Estas bacterias pueden ser las que viven libres en el suelo o aquellas que en simbiosis, forman nódulos con las raíces de ciertas plantas (Leguminosas) para fijar el nitrógeno, destacando los géneros *Rhizobium* o *Azotobacter*, las cuales también actúan libremente. Otro grupo son las cianobacterias acuáticas (algas verdeazuladas) y las bacterias quimiosintéticas, tales como el género *Nitrosomas* y *Nitrosococcus*,

que juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento, al transformar el amonio en nitrito, mientras que el género *Nitrobacter* continúa con la oxidación del nitrito (NO_2) a nitrato (NO_3), el cual queda disponible para ser absorbido o disuelto en el agua, pasando así a otros ecosistemas. Todas las bacterias pertenecientes a estos géneros fijan nitrógeno, tanto como nitratos (NO_3), o como amonio (NH_4).

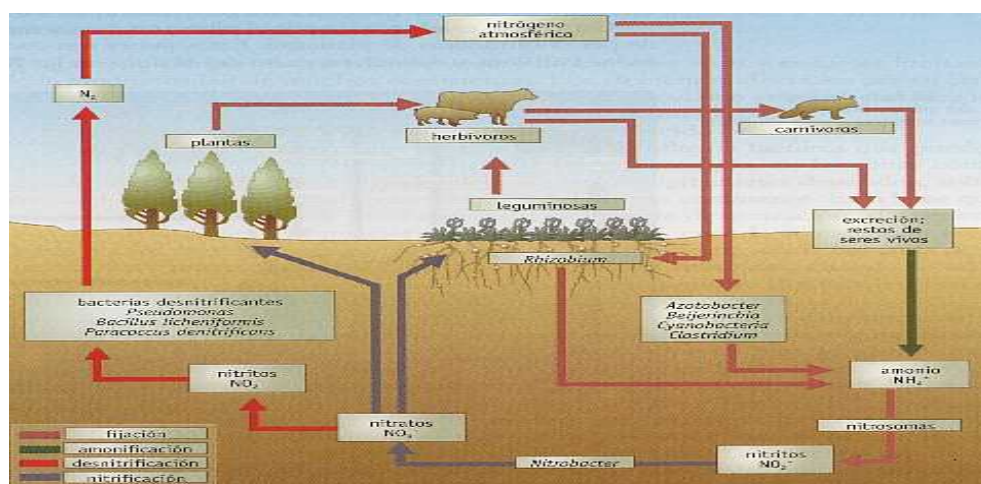
Así mismo, los animales herbívoros sintetizan sus proteínas a partir de los vegetales, mientras que los carnívoros la obtienen a partir de los herbívoros. Por último, cabe mencionar que todos los seres vivos almacenan grandes cantidades de nitrógeno orgánico en forma de proteínas, y que vuelve nuevamente al suelo con los excrementos o al descomponerse los cadáveres. Por lo que en el metabolismo de los compuestos nitrogenados, los animales acaban formando iones amonio, que resultan muy tóxicos y que deben ser eliminados. Esta eliminación se hace en forma de amoniaco (algunos peces y organismos acuáticos), en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas), para que posteriormente, las bacterias nitrificantes se encarguen de transformarlo. Ya sea por un procedimiento o por otro, el nitrógeno es un elemento que está presente en la materia viva, porque es un componente esencial para la formación de proteínas y ácidos nucleicos, y que es absorbido por los productores que lo requieren para la elaboración de éstos, pasando luego a los consumidores, más tarde a los descomponedores y finalmente regresa de nuevo al medio ambiente. Sin embargo, existen ciertas bacterias llamadas desnitrificantes (entre ellas *Pseudomonas desnitrificans*), que devuelven parte del nitrógeno inorgánico del suelo a la atmósfera en forma gaseosa, produciendo así una pérdida de este elemento para los ecosistemas y la biosfera. Estas bacterias habitan en los pantanos y en los fondos carentes de oxígeno, asimismo, estas bacterias pertenecen al género *Thiobacillus*, quienes utilizan los nitratos en su proceso metabólico, que al final reintegran a la atmósfera como nitrógeno en forma gaseosa.

A pesar de que la mayor parte del nitrógeno se encuentra en la atmósfera, la reserva realmente activa de este elemento se encuentra en el suelo, ya que aquí van a parar los desechos orgánicos de los organismos vivos y de los restos de éstos. Es así, como las bacterias fijadoras de nitrógeno concluyen el proceso de descomposición de estos materiales, convirtiendo el nitrógeno orgánico en inorgánico (nitratos). Los nitratos son la única forma en la cual las plantas pueden absorber este elemento para poder sintetizar sus propias proteínas, por medio de la fotosíntesis.

Tradicionalmente se han abonado los suelos con nitratos para mejorar los rendimientos agrícolas. Durante muchos años se usaron productos naturales ricos en nitrógeno como el guano, o el nitrato de Chile. Desde que consiguió la síntesis artificial de amoniaco por el proceso de Haber, fue posible fabricar abonos nitrogenados, los cuales se emplean actualmente en grandes cantidades en la agricultura. Su mal uso produce, a veces, problemas de contaminación en las aguas, como la eutroficación (CICEANA, 2009).

Tradicionalmente se han abonado los suelos con nitratos para mejorar los rendimientos agrícolas. Durante muchos años se usaron productos naturales ricos en nitrógeno como el guano, o el nitrato de Chile. Desde que se consiguió la síntesis artificial de amoniaco por el proceso Haber, fue posible fabricar abonos

nitrogenados, los cuales se emplean actualmente en grandes cantidades en la agricultura. Su mal uso produce, a veces, problemas de contaminación en las aguas, como la eutroficación (CICEANA, 2009).



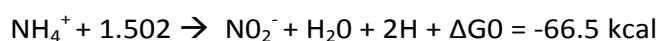
2.11.1 El proceso de la nitrificación.

La nitrificación es uno de los procesos de mayor relevancia en la transformación del nitrógeno (N) en el suelo. A través de este proceso el amonio (NH_4^+), proveniente de la mineralización de la materia orgánica o del fertilizante aplicado, es transformado rápidamente en nitrato (NO_3^-) por los microorganismos nitrificantes. Este compuesto (NO_3^-) es soluble en agua y muy móvil por ello es fácilmente absorbido por los sistemas radicales de las plantas. Pero por este mismo motivo, es altamente susceptible de perderse por lixiviación, por acción de la lluvia o un riego excesivo, siendo este fenómeno uno de los mecanismos de pérdida de N más importantes en el suelo.

Más concretamente el proceso de la nitrificación consiste en la oxidación del amonio a nitrato que, principalmente, tiene lugar en suelos bien aireados y de pH neutro por la acción de un número muy limitado de bacterias autótrofas, denominadas nitrificantes. Para que se produzca la nitrificación, es fundamental que existan concentraciones de oxígeno disuelto (OD) por encima de $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Si el nivel de OD es inferior a este valor el oxígeno se convierte en el nutriente limitante del proceso, y puede producirse el cese o la ralentización de la nitrificación.

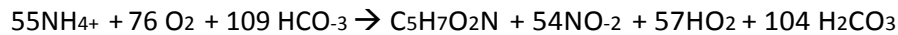
Este proceso ocurre en dos partes:

1. El primer paso (Nitrosación), que oxida el amoníaco (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-), es catalizado por pocas especies de bacterias que empiezan con el prefijo nitroso- el género más representativo es *Nitrosomas*, otros son *Nitrospira*, *Nitrosococcus*, *Nitrosovibrio* y *Nitrosolobus*. La reacción es:

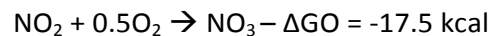


Nitrosomas

Bacteria nitrificadora de tipo aeróbico, su función es convertir el amoníaco/amonio en nitritos en forma de ácido nítrico mediante la oxidación del mismo, la reacción para estas bacterias es:

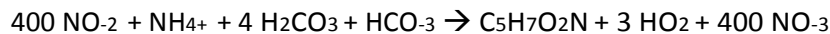


2. El segundo paso (Nitratación), completa la oxidación de nitrito (NO_2^-) a nitrato (NO_3^-), a través del grupo *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* y *Nitrospina*. La reacción que se lleva a cabo es:



Nitrobacter

Bacteria aerobia que se usa en la filtración biológica para convertir los nitritos en nitrato menos perjudicial. La reacción para estas bacterias es:



Basado en las dos reacciones principales, la nitrificación es energéticamente favorable ($G^\circ = -84 \text{ kcal}$). Ambos procesos son exergónicos y estas bacterias, que son quimilitotrofas, utilizan la energía derivada de la nitrificación para asimilar el CO_2

La descripción de la concentración se expresa como:

$$d\text{NO}_3^-/dt = k\text{NH}_4^+$$

La concentración de K^+ en el suelo puede influir en la nitrificación, incrementando la concentración de amoníaco (NH_4^+) en el suelo.

El impacto de la acidez en el pH del suelo depende de la naturaleza del suelo. Para suelos con pH inicial cercano a neutral y B cercano a cero, la nitrificación procede rápidamente. Sin embargo, para suelos con pH inicial neutro pero con B cercano a 1, la nitrificación rápidamente decae.

En suelos con crecimiento de plantas activo, la absorción del nitrato (NO_3^-) por las raíces produce un efecto buffer en el pH. Por cada equivalente de nitrato (NO_3^-) absorbido, un equivalente de hidroxilo (OH^-) es lanzado al suelo por las raíces.

Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10 a 70 kg. de nitrógeno por hectárea. Esto implica que un abonado en forma equilibrada puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días, si la humedad y la temperatura del suelo son favorables para el proceso.

En ocasiones, debido a que la nitrificación es bastante más rápida que la mineralización, se emplea el término "mineralización" para indicar el proceso global de conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral (fundamentalmente nitrato y amonio).

La forma intermedia del nitrógeno, nitrito (NO_2^-), raramente se acumula en concentraciones significativas porque las normalmente *Nitrobacter* actúan tan rápido como se produce la bacteria. Sin embargo *Nitrobacter*, es más sensible al amoniaco (NH_3) como *Nitrosomas*, y por esta razón el nitrito (NO_2^-) se puede acumular bajo concentraciones altas de NH_4^+ pero bajo concentraciones pequeñas de (NH_4^+). Cualquier tipo de estrés puede afectar gravemente al proceso de nitrificación, especialmente al segundo paso, por lo que en condiciones estresantes puede producirse una acumulación de nitrito.

El nitrato produce efectos ambientales fuertes en algunas situaciones. Algo de nitrato puede ser encontrado en aguas naturales pero en bajas concentraciones.

2.12. Problemática de la contaminación por la fertilización nitrogenada excesiva.

El origen del problema de la contaminación se atribuye a la agricultura (aplicación de fertilizantes) y a la ganadería, aunque en menor medida también los vertidos líquidos urbanos son fuente de compuestos nitrogenados, si bien sus consecuencias suelen ser más restringidas y localizadas en el entorno próximo a los puntos de vertido (Valero de Palma J., 1998).

El uso excesivo de fertilizantes resulta perjudicial para la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, para el medio ambiente y para la salud humana y animal.

Contaminación de aguas subterráneas y superficiales.

En el Título V de la Ley de Aguas y en el Título 11 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico se desarrollan las disposiciones relativas a la protección contra el deterioro de los recursos hídricos. La contaminación se define como *"la acción y el efecto de introducir condiciones en el agua que, de un modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica"* (Valero de Palma, J., 1998).

La utilización abusiva de abonos nitrogenados en los campos. En estos casos, una parte del nitrógeno es lavado por el agua y se infiltra en los acuíferos.

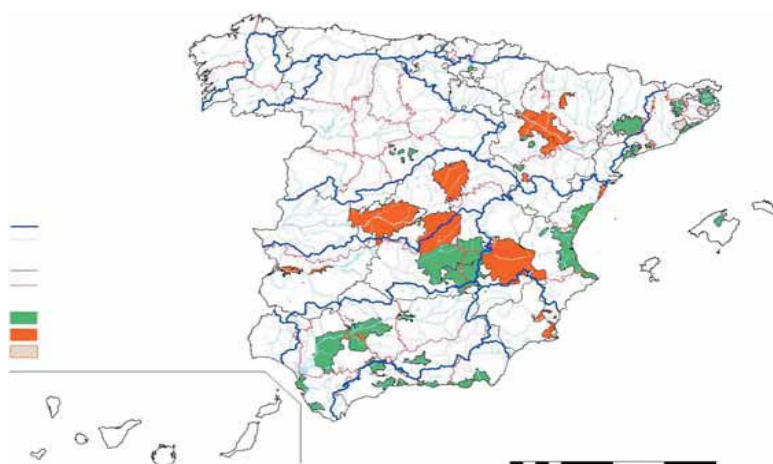
La agricultura necesita fertilizantes y abonos animales con altos contenidos en nitrógeno para incrementar la producción. La causa principal de la contaminación difusa son los nitratos aplicados en la agricultura tanto por los retornos y escorrentías que se

producen en los regadíos con aguas superficiales como por la infiltración en el terreno de aguas con alto contenido de nitratos en el proceso de riego.

La aplicación incorrecta de fertilizantes, que con frecuencia sobrepasa las necesidades del cultivo, y las prácticas de riego poco eficientes, favorecen el lavado de nitratos y su incorporación al acuífero. Las consecuencias se acentúan en las áreas regadas con aguas subterráneas, debido al reciclado de éstas.

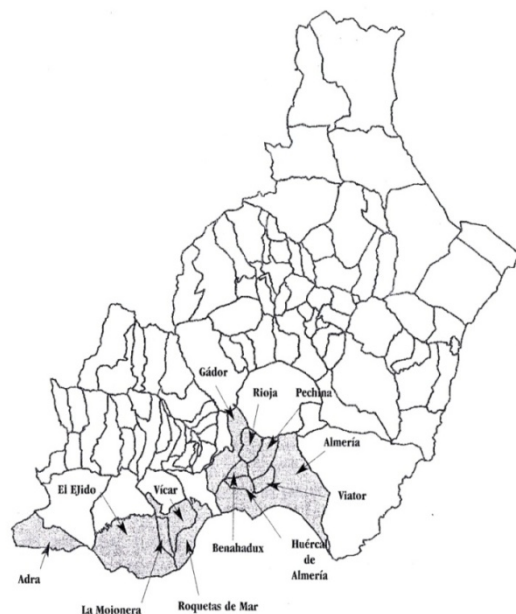
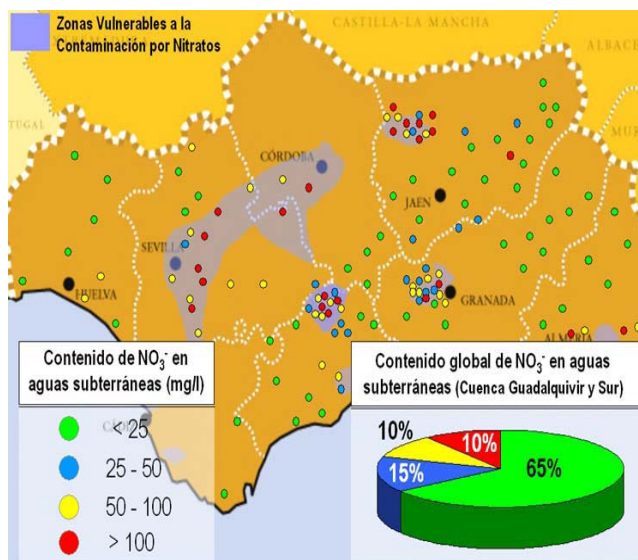
La contaminación por actividades agrícolas se produce por la infiltración de aguas (lluvia o riego) que disuelven y arrastran nitratos y pesticidas. La explotación del acuífero conlleva el riesgo de utilización de aguas contaminadas, si se realiza sin las debidas precauciones, como ocurre en la contaminación por nitratos que actualmente presentan algunas de las unidades hidrogeológicas, principalmente las situadas en el Levante español.

Las zonas regables donde la contaminación por nitratos afecta de forma importante son el litoral mediterráneo, y es especialmente el Maresme, donde se llega a superar los $500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, y grandes áreas de las planas costeras del Júcar (Castellón y Valencia) donde se superan $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Entre las unidades interiores, la Llanura Manchega, el aluvial del Ebro y algunos sectores del valle del Guadalquivir (aluviales del Guadalquivir y Guadalete) son las más afectadas, con contenidos entre 50 y $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de nitratos. De forma local la presencia de nitratos afecta a diversas áreas de las cuencas del Duero (Esla-Valderaduey y Arenales), Tajo (La Alcarria, Tietar y Ocaña), Sur (Campo de Níjar, Dalías y Fuente Piedra) y Segura (Campo de Cartagena y Vega del Segura) (Valero de Palma, J., 1998).



Las zonas vulnerables señaladas en la comunidad andaluza son un total de 22: Ayamonte-Lepe-Cartaya (Huelva); Valle del Guadalquivir (Cádiz, Córdoba, Huelva y Sevilla); Valle del Guadalete y Vejer-Barbate (Cádiz); Vega de Antequera (Córdoba, Málaga y Sevilla); Cuenca del Embalse de Guadalteba, Bajo Guadalhorce, Río Fuengirola y Aluvial del Río Vélez (Málaga); Vega de Granada, Litoral de Granada y Sierra Gorda-Zafarraya (Granada); Campo de Dalías-Albufera de Adra, Bajo Andarax, Campo de Níjar, Rambla de Mojácar, Valle del Almanzora y Cubeta de Ballabona y Río Antas (Almería);

Cuenca del Embalse de La Colada (Córdoba); Guadalquivir-curso alto (Jaén); Arahal-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla (Sevilla), y Guadiaro-Genal-Hozgarganta (Cádiz, Málaga).



Otro problema importante es la eutrofización consiste en el transporte de nutrientes por la escorrentía desde los campos agrícolas y zonas industriales que son la causa del enriquecimiento con nutrientes de las aguas continentales y marinas. Es posible que inicialmente aumente el potencial de pesca en masas de agua pobres en nutrientes debido a la mayor disponibilidad de éstos a causa de la escorrentía agrícola y a otros efluentes, como probablemente ha ocurrido en el Mediterráneo. Sin embargo, la sobrecarga o el enriquecimiento excesivo de nutrientes pueden provocar efectos adversos de eutrofización que afectan gravemente a la reproducción, crecimiento y sobrevivencia de los peces y otros organismos acuáticos, al crear condiciones aeróbicas, o causar daños físicos e intoxicación debidas a la proliferación de algas nocivas. Durante los dos últimos decenios se han señalado con mayor frecuencia y en mayor medida proliferaciones de algas nocivas y a veces tóxicas en aguas costeras, lo que ha causado notables pérdidas a la pesca costera y la acuicultura. La contribución de la agricultura a la sobrecarga de nutrientes es notable (FAO, 1998)

Efecto sobre la salud humana y animal.

La ingestión de nitratos no es exclusiva del agua de bebida, ya que este compuesto se puede encontrar en muchos alimentos.

Algunas especies vegetales, especialmente las acelgas, las espinacas y la lechuga, tienen gran capacidad de acumulación de nitratos. El grado de acumulación no depende sólo del tipo y de la variedad genética, sino también de la temperatura, la luz solar, el nitrógeno disponible y el tipo de cultivo.

Las sales sódicas y potásicas de los nitratos y de los nitritos se utilizan como aditivos conservantes de alimentos, especialmente de determinados productos cárnicos, ya que

el nitrito impide de forma muy eficaz el crecimiento de esporas de *Clostridium botulinum* y, por tanto, la formación de la toxina botulínica.

El principal efecto perjudicial es la metahemoglobinemia, es decir, un incremento de metahemoglobina en la sangre, que es una hemoglobina modificada (oxidada) incapaz de fijar el oxígeno y que provoca limitaciones de su transporte a los tejidos.

En condiciones normales, hay un mecanismo enzimático capaz de restablecer la alteración y reducir la metahemoglobina otra vez a hemoglobina.

Cuando la metahemoglobinemia es elevada, la primera manifestación clínica es la cianosis, generalmente asociada a una tonalidad azulada de la piel. Los nitritos presentes en el organismo, tanto si son ingeridos directamente como si provienen de la reducción de los nitratos, una vez absorbidos y presentes en la sangre son capaces de transformar la hemoglobina en metahemoglobina y pueden causar metahemoglobinemia.

Por otro lado, se ha estudiado la posible asociación de la ingestión de nitratos con el cáncer. Muchos compuestos N-nitrosos se han descrito como carcinogénicos en animales de experimentación. Estas reacciones de nitrosación pueden producirse durante la maduración o el procesamiento de los alimentos, o en el mismo organismo (generalmente, en el estómago) a partir de los precursores (GENCAT, 2008).

En la valoración del riesgo de formación de nitrosaminas y nitrosamidas, se ha de tener en cuenta que a través de la dieta también se pueden ingerir inhibidores o potenciadores de las reacciones de nitrosación.

El grupo poblacional que presenta más riesgo son los lactantes alimentados exclusivamente con leche artificial.

Entre el resto de la población, las personas que podrían sufrir efectos adversos son aquellas que presentan alteraciones que provocan un aumento de la formación de nitritos, que tienen una hemoglobina anómala o que sufren deficiencias en el sistema enzimático encargado de transformar la metahemoglobina en hemoglobina. Entre estas personas están:

- Las mujeres embarazadas.
- Las personas con hipoclorhidria gástrica natural o provocada por tratamientos antiácidos (úlcera péptica, gastritis crónica).
- Las personas con deficiencias hereditarias de metahemoglobina-reductasa o de NADH.
- Las personas con hemoglobina anómala.

Por lo que respecta a los efectos crónicos, en el año 1995, el JECFA (FAO-OMS) confirmó la ingesta diaria admisible (IDA) de nitratos en 0-3,65 mg/kg de peso corporal y día, y estableció la ingesta diaria admisible de nitritos en 0-0,06 mg/kg.

Para prevenir los efectos agudos de la metahemoglobinemia en los neonatos, en el año 2004, la OMS confirmó un valor máximo orientativo de $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de nitratos en el agua de consumo. Este valor fue establecido exclusivamente para prevenir la metahemoglobinemia, indicando que el grupo más vulnerable son los neonatos menores de tres meses alimentados con leche artificial. La OMS indicó que disponía de amplia información epidemiológica que justificaba el valor recomendado. Por lo que respecta a los nitritos, la OMS aceptó para el nitrito y el nitrato una potencia relativa respecto a la formación de metahemoglobina de 10:1 (en términos molares) y propuso para los nitritos un valor guía provisional de $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en relación con los efectos agudos (GENCAT, 2008).

Respecto a los posibles efectos a largo plazo, la OMS propuso un valor guía de $0,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de nitritos.

Sin embargo, como los nitratos y los nitritos pueden estar presentes al mismo tiempo en el agua de bebida, la OMS indicó que la suma de las relaciones entre la concentración y el valor guía de los dos parámetros ($50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para los nitratos y $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ para los nitritos) no debería de superar la unidad (GENCAT, 2008).

$$[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrito}]/3 \leq 1$$

En la Directiva comunitaria que regula la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, los valores máximos admitidos son $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de nitratos y $0,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de nitritos. En el Estado español, la norma que traspone la citada directiva (RD 140/2003) también establece un valor paramétrico de $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de nitratos. En cambio, para los nitritos es mucho más rigurosa en la concentración máxima a la salida del tratamiento ($0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) mientras que mantiene los $0,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el agua de la red de distribución (GENCAT, 2008).

El metabolismo de los nitratos dentro de la planta produce sustancias como es el oxalato. El oxalato no tiene ninguna utilización metabólica en el organismo ya que, desde que es absorbido, será transportado a los riñones para ser excretado en la orina como un producto de desecho. La cantidad de oxalato excretada en la orina es un factor de peligro importante en el desarrollo de los cristales de oxalato cálcico, el componente más común de las piedras del riñón.

Los oxalatos también disminuyen la absorción intestinal de calcio y magnesio.

Efecto sobre el suelo.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados también puede producir cambios en la química del suelo, se manifiestan fundamentalmente a través de los compuestos Sulfato, Cloruro y Nitrato de Amonio que causan un incremento en la acidez después de la aplicación debido al efecto salino en los coloides del suelo por la reacción de nitrificación del NH_4^+ , liberando al medio dos H^+ por cada molécula de NH_4^+ oxidada (Ciarlo, E., 2008).

Síntesis de las consecuencias



Durante el año 2003 se dictó la Decisión 2003/507 del Consejo, de 13 de junio de 2003, relativa al adhesión de la Comunidad Europea al Protocolo del Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica a gran distancia para luchar contra la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico (Protocolo de Gotemburgo). Con esta Decisión, la Unión Europea y sus Estados miembros se obligan a cumplir los compromisos que establece el Protocolo de Gotemburgo que fija los niveles máximos permitidos de las emisiones (límites de emisión) para cada parte nacional y para los cuatro contaminantes precursores causantes de la acidificación, la eutrofización o el ozono troposférico: dióxido sulfúrico, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y amoniaco. Estos límites deben cumplirse en 2010 (MMA,2003).

2.13 Inhibidores de la nitrificación.

Los inhibidores de la nitrificación constituyen una relativamente nueva tecnología que reduce la presencia de nitratos en el suelo por métodos muy distintos a la fertirrigación, pero siendo totalmente compatible con ésta. Numerosos ensayos de investigación muestran la capacidad de este tipo de moléculas para reducir la contaminación de aguas por nitratos, así como para simplificar las prácticas de fertilización y disminuir el contenido de estos elementos en los frutos (Zerulla *et al.*, 2000, Irigoyen, 2001 citados por Linaje y Muñoz-Guerra, 2005).

Son compuestos que, añadidos junto con los fertilizantes granulados, solubles o líquidos retrasan la oxidación bacteriana del NH_4^+ a NO_2^- (primer paso de la nitrificación) e imposibilitan su final transformación en NO_3^- (Trenkel, 1997; Prasad y Power, 1995, citados por Linaje y Muñoz-Guerra, 2005).

El proceso ocurre cuando los inhibidores de la nitrificación se unen a la enzima amonio monooxigenasa (AMO) y la inhabilitan definitivamente, por lo que hasta que la bacteria no desarrolla nuevas enzimas queda paralizada su capacidad para transformar el NH_4^+ en NO_2^- (McCarty, 1999).

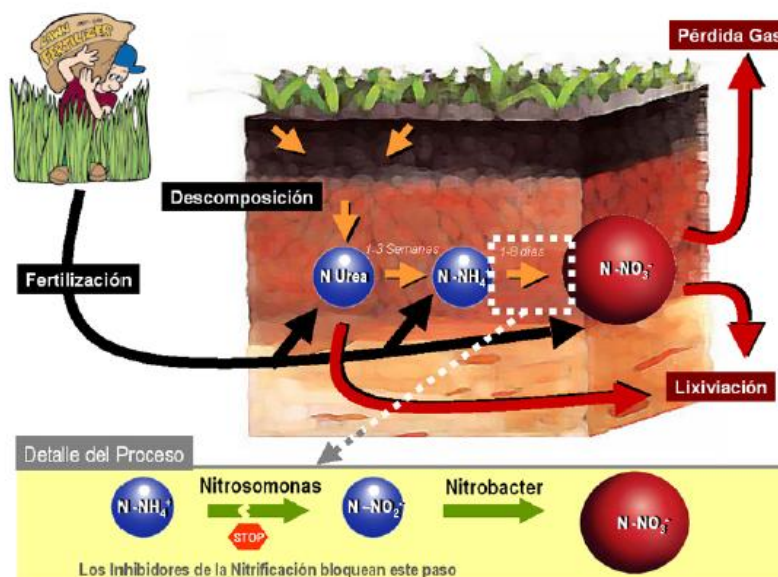


Ilustración 1 Ciclo del nitrógeno en el suelo y descripción del funcionamiento de los inhibidores de la nitrificación.

La duración de este efecto depende de las condiciones agrícolas y edafoclimáticas en general, en cultivos extensivos su duración alcanza los tres o cuatro meses mientras que en los fertirrigados son necesarias las aplicaciones mensuales del inhibidor para mantener su efecto.

La utilización de estas sustancias provoca un incremento apreciable de los contenidos de NH_4^+ en el suelo que las plantas tienen a su disposición para absorber junto con los NO_3^- . Estudios

recientes (Goss *et al.*, 1999; Ball-Coelho y Roy, 1999; Marschner, 1995, citados por Lezana y Carrasco, 2002), demuestran que en muchos cultivos cuando se les suministra una nutrición nitrogenada mixta, con ambas formas de N, se obtienen mayores tasas de crecimiento y rendimientos (Lezana J.R. y Carrasco, I., 2002).

Esto es debido a las siguientes causas (Phytoma España, 2002):

- La absorción de amonio requiere menos energía que la absorción de nitrato.
- Se produce un ahorro energético en el interior de la planta ya que no es necesaria la reducción del NO_3^- , por consiguiente, se produce un mayor ahorro vegetativo, concretado en un incremento del área foliar y del contenido de clorofilas, lo que da un mayor potencial fotosintético e incrementa las posibilidades de obtener un rendimiento y calidad altos (Pasda *et al.*, 2001; Zerulla *et al.*, 2001 citados por Linaje y Muñoz-Guerra, 2005).
- El amonio promueve la síntesis de fitohormonas (giberelinas y citoquininas) y poliaminas (sustancias mensajeras en la iniciación floral de las plantas) (Marschner, 1995 citados por Linaje y Muñoz-Guerra, 2005).
- La absorción de NH_4^+ produce una bajada del pH de la zona radicular lo que puede ayudar a la absorción de otros nutrientes. Cuando la planta absorbe amonio la raíz libera iones H^+ y se produce una bajada importante de pH en el área radicular, que puede ser de hasta 2 unidades en la zona que más cerca esta de la raíz. Esta bajada es importante en suelos calizos porque una bajada de una o dos unidades puede suponer una mayor disponibilidad de micronutrientes como el hierro, inmovilizados por los pH altos. Complementariamente cuando la planta absorbe NH_4^+ toma conjuntamente más fósforo como contraión para compensar las cargas positivas absorbidas (Linaje A. y Muñoz-Guerra, L.M., 2005).
- Menor acumulación de NO_3^- en las plantas.

Los inhibidores de la nitrificación deben tener una acción específica sobre los microorganismos nitrificantes, sin afectar a otros microorganismos ni a las plantas. No es deseable la paralización total del proceso de nitrificación, aunque, por otra parte, ello no sería posible más que con unas dosis muy elevadas del producto y haciendo una distribución perfecta en todo el volumen del suelo (Fuentes Yagüe, J.L., 1999).

El inhibidor de la nitrificación ideal debería reunir las siguientes características (Jiménez Gomez, S. ,1992):

- **Especificidad**, actuando selectivamente sobre *Nitrosomonas* o *Nitrobacter* y no sobre otros organismos del suelo.
- **Movilidad**, para facilitar su actuación conjunta con la solución fertilizante.
- **Persistencia**, para que su tiempo de actuación sea suficiente para alcanzar el objetivo previsto.

- **Economía**, de modo que el producto químico que se adiciona al fertilizante tenga un bajo coste.

Teniendo en cuenta que los NO_3^- son la principal fuente de pérdidas de N (lixiviación y desnitrificación), los inhibidores de la nitrificación pueden contribuir a reducir los problemas medio ambientales mediante un incremento de la eficiencia en el uso del N. Las ventajas prácticas de estos productos para la agricultura, así como para el medio ambiente, son: (Zerulla *et al.*, 2001, citados en Phytoma España, 2002)

- Significativa reducción del riesgo de pérdidas de lixiviación por NO_3^- .
- Disminución de la emisión de óxidos de N a la atmósfera.
- Menos pérdidas de N y una nutrición amoniacal temporal, que a menudo provoca un incremento en los rendimientos de los cultivos.
- Reducción de la carga de trabajo de los agricultores debido a un periodo de aplicación de los fertilizantes más flexible, y la posibilidad de reducir aplicaciones.
- Disminución de la acumulación de NO_3^- en plantas.

Por tanto, se puede decir que los inhibidores de la nitrificación constituyen una seria alternativa tanto ambiental como productiva, siendo su implantación una herramienta importante para la corrección de la actual situación en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos aportando mejoras productivas importantes en nuestros cultivos.

2.13.1. Tipos de inhibidores de la nitrificación.

Se ha demostrado que son muchas las sustancias químicas que tienen propiedades de inhibir la nitrificación en el suelo. La mayoría de ellas son sintetizadas en laboratorio, pero existen algunas de origen natural, como el extracto del "Indian neem tree" (*Azadirachta indica*, Juss.) A pesar de esto, en la práctica son muy pocas las sustancias que han alcanzado una cierta presencia en la nutrición habitual de los cultivos, ya sea por razones de baja efectividad, excesivo coste, problemas fitotóxicos o razones medioambientales (Phytoma España, 2002). De las sustancias químicas que presentan un cierto poder inhibidor de la nitrificación, solamente dos de ellas han tenido una cierta presencia en el mercado de los fertilizantes hasta el año 1999: la Diciandiamida (DCD), comercializada en Europa, y la Nitrapirina (NI), inhibidor de la nitrificación por excelencia en EE.UU.

Estos dos inhibidores de la nitrificación tienen una serie de inconvenientes. (Phytoma España, 2002).

Diciandiamida (DCD):

- Es demasiado cara para un uso generalizado en agricultura.
- Se necesitan altas dosis de aplicación para conseguir una inhibición idónea.
- Debido a su elevada solubilidad, es muy propensa a su translocación en el perfil del suelo.
- Presenta posibles problemas fitotóxicos.

Nitrapirina (NI):

- Posee una alta presión de vapor que evita su incorporación a fertilizantes sólidos.
- El ingrediente activo tiene que ser formulado en líquido (lo que no permite su incorporación a fertilizantes sólidos convencionales y hay que aplicarlo por separado), además que presenta un cierto poder bactericida. (Carrasco Martín, I. y Villar Mir, J.V., 2001).
- Es sensible a altas temperaturas. Tiene un efecto corrosivo y explosivo.
- Tiene ciertos problemas toxicológicos.
- Pertenece al grupo de los organoclorados, lo que provoca una fuerte oposición para su uso.

Otros inhibidores de la nitrificación menos usados son: tiurea (TU), sulfatiazol (ST), algunas triazinas, etc.

2.14. 3,4-Dimetilpirazol fosfato (DMPP) .

Actualmente el inhibidor con mayor implantación comercial. Químicamente es un derivado del pirazol, que debido a los sustituyentes específicos que posee, hacen que este compuesto presente propiedades químico-biológicas más eficientes que sus predecesores. Además este inhibidor es inocuo para el resto de microorganismos presentes en el suelo

En comparación a otros inhibidores de la nitrificación como la diciandiamida (DCD) o la nitrapirina, el DMPP presenta una serie de ventajas que hacen que mejore su eficacia como inhibidor (Wissemeier *et al.*, 2001; Zerulla *et al.*, 2001 citados en Phytoma España, 2002):

- El DMPP no presenta bajo ninguna condición efectos de toxicidad en plantas, en cambio diversos autores citan en sus trabajos posibles efectos en este sentido con

el DCD (Prasad y Power, 1995; Reeves y Touchton, 1986; Zerulla *et al.*, 2001, citados en Phytoma España, 2002).

- Debido a la elevada eficacia del DMPP, con una dosis de $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ es suficiente para tener un efecto inhibitor óptimo. Esta dosis es muy inferior a la de otros inhibidores como el DCD, que necesita dosis de aplicación de entre $15\text{-}20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, y, por tanto, el coste de aplicación del DMPP también es muy inferior. Con una dosis muy inferior respecto a la del DCD se obtiene un efecto inhibitor superior. (Phytoma España, 2002).
- El riesgo de lixiviación del DMPP en el perfil del suelo es muy bajo (Fettweis *et al.*, 2001). En cambio, el DCD presenta una baja retención en el complejo arcillo-húmico del suelo que hace que pueda ser lixiviado en el perfil del suelo (Corre y Zwart, 1995; Abdel-Sabour, *et al.*, 1990, 1993; Zerulla *et al.*, 2001). Esto provoca que el efecto inhibitor de la nitrificación del DMPP sea superior al de la DCD. En un ensayo realizado durante 3 años en lisímetros en el centro de investigación Jülich (Alemania), no se encontró DMPP en el lixiviado por encima del límite de detección, $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Phytoma España, 2002).

Debido a todas sus ventajas respecto a los demás inhibidores de la nitrificación, los fertilizantes enriquecidos con esta molécula son los más comercializados hoy día. El 3,4 Dimetilpirazol Fosfato (DMPP) es una molécula desarrollada a finales de los años 90.

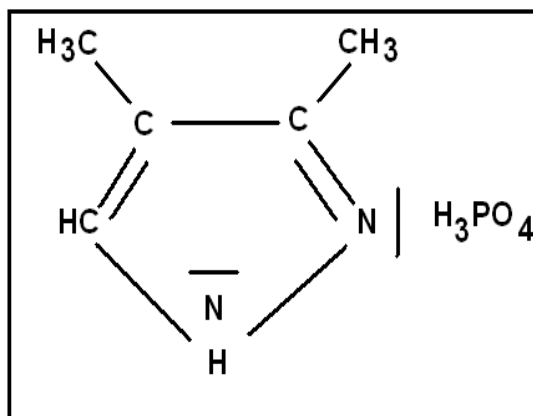


Ilustración 2 Estructura química del 3,4-Dimetilpirazol fosfato (DMPP) (Phytoma España, 2002).

Entre sus propiedades físicas y químicas destacan:

- Peso Molecular: $194,2 \text{ g} \cdot \text{mmol}^{-1}$
- Punto de fusión: $165 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Densidad: $1,51 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ($20 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

- Densidad aparente: $440 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Solubilidad en agua: $132 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (pH 3, 25 °C)
 $46 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (pH 7, 20 °C)
- pH: 2,5-3,0 (a $132 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, 25 °C)
- Presión de vapor $< 10^{-4} \text{ Pa}$ (20 °C)

El objetivo final de este producto es evitar la acumulación de nitratos y que el nitrógeno disponible para la planta lo esté fundamentalmente como amonio (NH_4^+), forma nitrogenada con escasas pérdidas por lixiviación y con importantes ventajas nutricionales para los cultivos. Esta acumulación de amonio (NH_4^+), en suelos con inhibidores de la nitrificación es la causante de una serie de efectos ambientales y productivos positivos que no se presentan en los suelos que son fertilizados con abonos convencionales.

Amonio y nitrato presentan un movimiento muy distinto en el suelo. En la figura se muestra la distribución habitual en el suelo de raíces de un cultivo arbóreo y la distribución del nitrógeno aplicado (60 días antes) como NSA, con y sin el inhibidor de la nitrificación DMPP. Se observa que gran parte del nitrógeno aplicado sin el DMPP se encuentra como nitrato en una zona por debajo de los 60 cm de profundidad, lejos de la zona principal de absorción del árbol y a merced de la lixiviación. Por el contrario en el caso de la fertilización con $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{DMPP}$ el nitrógeno queda mayoritariamente en el horizonte superior del suelo y se distribuye de forma similar a las raíces absorbentes del cultivo, lo que implica menores pérdidas y mayor eficiencia en la fertilización. El ajuste de los aportes de nitrógeno a las necesidades del cultivo y su colocación en la zona donde el cultivo lo puede tomar son las dos claves para obtener una máxima eficacia en la fertilización.

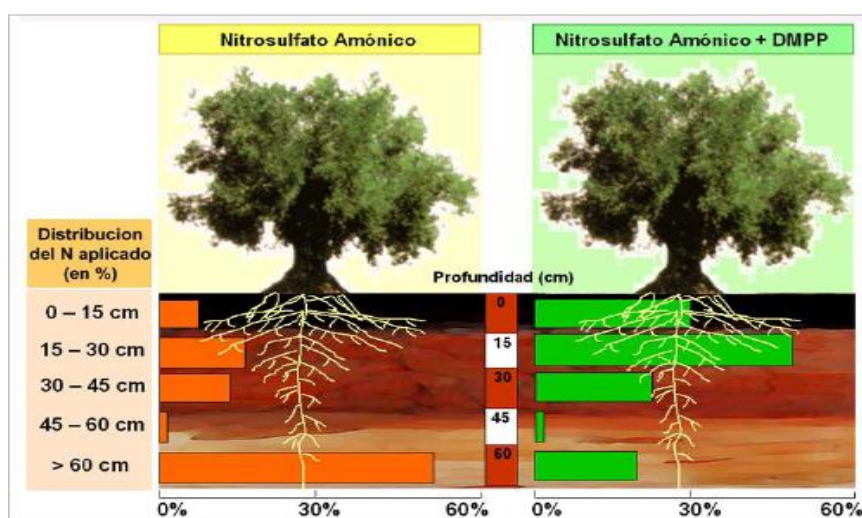
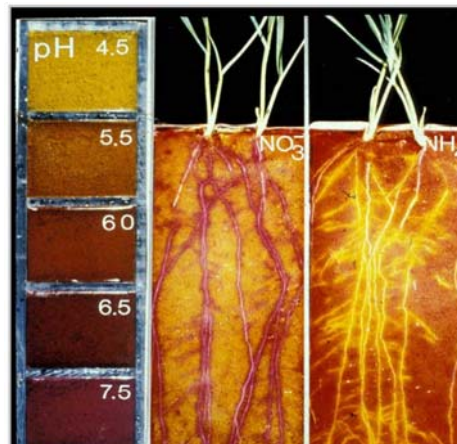


Ilustración 3 Distribución del nitrógeno mineral entre dos tipos de fertilización con y sin DMPP. Comparación con la distribución habitual de raíces en cultivos leñosos

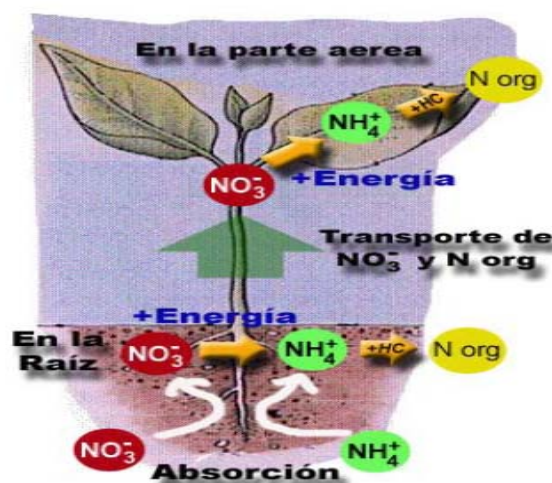
La presencia en el suelo de concentraciones importantes de amonio origina importantes modificaciones en el sistema suelo - planta. En primer lugar cuando la planta absorbe amonio la raíz libera iones H^+ y se produce una bajada importante de pH en el área radicular, que puede ser de hasta 2 unidades en la zona que más cerca está de la raíz. La figura muestra una

fotografía de dos raíces teñidas con un indicador de pH. A una de ellas solo se le suministra nutrición nítrica y a la otra solo nutrición amoniacal.



Efecto en el pH de la rizosfera del tipo de fertilización nitrogenada. A la derecha NO_3^- y a la izquierda solo con NH_4^+ . Ensayo realizado con raíces de cereal.

Se puede observar que la que toma solo amonio tiene un pH de alrededor de 4.5 - 5, mientras que la que solo toma nitrato lo tiene alrededor de 6-6.5. Esta disminución del pH es importante en nuestras condiciones porque una bajada de 1 o 2 unidades puede suponer una mayor disponibilidad de micronutrientes como el hierro, inmovilizados por los pH altos de suelos calizos. Complementariamente cuando la planta absorbe NH_4^+ toma conjuntamente más fósforo como contraión para compensar las cargas positivas absorbidas. Sin embargo las ventajas más notables de la nutrición mixta amonio-nitrato en el ahorro energético conseguido en el crecimiento de la planta. Una vez el nitrato (NO_3^-) entra en la planta es imprescindible su transformación en amonio (NH_4^+) para su incorporación a los hidratos de carbono (HC), formándose estructuras orgánicas nitrogenadas imprescindibles para la planta



El transporte de nitrato al interior de la célula es de tipo activo (consume energía), y su reducción transcurre en dos reacciones consecutivas, la primera, reducción de nitrato a nitrito,

es realizada por la enzima nitrato reductasa y consume dos electrones, y la segunda reacción, donde el nitrito es reducido a amonio, es llevada a cabo por la nitrito reductasa, y requiere seis electrones donados por la ferredoxina, reducida en los tejidos fotosintéticos. Al absorber amonio no se realiza este proceso y se evita este costoso paso metabólico, pudiéndose destinar esta energía a otros fines. Habitualmente este ahorro energético tiene como consecuencia un mayor desarrollo vegetativo, concretado en un incremento del área foliar y del contenido de clorofilas, lo que da un mayor potencial fotosintético e incrementa las posibilidades de obtener un rendimiento y calidad alto.

Otra consecuencia de la absorción del nitrógeno en forma de nitrato por la planta es la producción de oxalato. Los oxalatos disminuyen la disponibilidad de una serie de oligoelementos, debido a la formación de complejos insolubles. Pueden ser encontrados como formas solubles e insolubles en plantas. Las sales solubles se forman cuando el oxalato se liga con el potasio, sodio y magnesio (el oxalato de magnesio es menos soluble que las sales de sodio y potasio), mientras que las sales insolubles son producidos cuando el oxalato se liga con el calcio y el hierro. Por último, el oxalato también puede ser encontrado libre como ácido oxálico. (Meira Barreto, D.J., 2008)

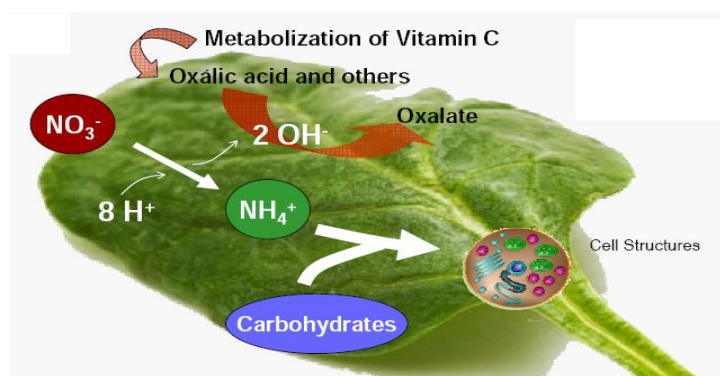


Ilustración 4 Consumo energético y producción de oxalato de la planta con fertilización en forma de nitrato

El ácido oxálico forma sales solubles en agua con los iones de Na^+ , K^+ . También se liga con Ca^{2+} , Fe^{2+} y Mg^{2+} volviendo estos minerales indisponibles. Los oxalatos pueden ser encontrados en cantidades relativamente pequeñas en muchas plantas. Los alimentos ricos en oxalatos son generalmente componentes de menor importancia en dietas humanas pero a veces son importantes en dietas estacionales en ciertas zonas del mundo y en alimentación animal. Plantas como espinaca y remolacha son bien conocidas porque contienen mayores concentraciones de oxalatos que otras plantas (Meira Barreto, D.J., 2008)

El DMPP es un inhibidor de la nitrificación contemplado por las diferentes normativas nacionales de fertilizantes, entre ellas la española. En concreto, el Real Decreto 824/2005 sobre productos fertilizantes, contempla los abonos con DMPP como aptos para la comercialización en España. Igualmente, la Dirección General de Industria de Portugal ha concedido la autorización para la comercialización de abonos con DMPP.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. Situación de la finca experimental.

El ensayo se ha realizado en la Fundación Finca Experimental UAL-ANECOOP, situada en el paraje “Los Goterones”, polígono 24, parcela 281, perteneciente al municipio de Almería. A continuación se puede observar un plano en planta de la finca con los invernaderos y naves que la componen.



3.2. Instalaciones y equipamientos de la finca.

En la actualidad, la finca consta de veintisiete módulos de invernaderos, entre los cuales se encuentran tres para experimentación con una superficie de 4 300 m² cada uno. Poseen una estructura multitúnel con elementos metálicos protegidos contra la corrosión (galvanizado en frío y en caliente), y una altura de cuatro metros y medio en canal con cubierta de polietileno en techumbre y policarbonato en banda. Están dotados de calefacción por agua caliente, pantallas de sombreado aluminizadas, riego por goteo y cuya función es el cultivo en contenedores lineales de fibra de coco.



Figura 42. Panorámica de la finca experimental.

3.3. Características del invernadero.

El módulo asignado es el invernadero U4 tipo multitúnel con suelo arenado compuesto por 5 túneles de 8 m de ancho y 45 m de largo que lo dotan de 1 800 m² de superficie. El arco de cada túnel posee una altura cenital de 5,7 m y una altura en canal 4,5 m, consiguiendo así una estructura alta que proporciona una mayor inercia ambiental al recinto (temperatura, humedad, composición del aire) y por la cual las variaciones son más suaves y es posible disponer cómodamente de elementos auxiliares como dobles cubiertas o pantallas.



La cubierta plástica del techo es de polietileno térmico tricapa de 800 galgas, de tres campañas de duración, en color blanco, protegido en su parte superior con unas cintas de poliéster de 4 cm de ancho que están montadas de modo cruzado en zig-zag (2 cintas por cada 2,5 m lineales de túnel). Los frontales y laterales están cerrados con malla plastificada



Los invernaderos disponen de ventilación con cinco ventanas supercenitales de 40 m de longitud y 2,5 m de anchura que dotan a cada invernadero de una superficie ventilable del 27,7 % y se protegen con malla de 20 x 10 hilos · cm⁻¹ para evitar la entrada de insectos al invernadero. A la hermeticidad de la estructura multitúnel se le unen dos dobles puertas.



3.4. Sistema de riego.

Los elementos del sistema de fertirrigación que se gestionan desde el cabezal de riego son básicamente: balsas, sistema de inyección de fertilizantes, sistema de distribución de la solución final a los goteros y ordenador de control.

- **Balsas:** en la finca se encuentran dos balsas de materiales sueltos y cubierta de polietileno negro con una capacidad de 5 000 m³ cada una. Ambas balsas están techadas con geotextil de

color negro para evitar pérdidas por evaporación, descomposición y proliferación de algas. Se dispone de una balsa variable que almacena aguas pluviales y una balsa directa que contiene aguas ozonificadas procedentes de la depuradora de agua de Almería gestionada por la Comunidad de Regantes de Cuatro Vegas.

Cada una de las balsas posee una bomba multicelular cuya función es el bombeo del agua hasta el tanque de mezclas, situado en el cabezal. La balsa variable contiene además un variador de velocidad de giro en su bomba que permite mezclar el agua de ambas balsas en función de las preferencias que se tengan en base al parámetro de la conductividad eléctrica del agua.

Una vez mezclada el agua, se canaliza a los cabezales de riego utilizados en los invernaderos que riegan los cultivos sobre suelos arenados.

- Sistema de inyección de fertilizantes: el agua llega a un tanque de mezclas con capacidad de 200 l provisto de una bolla para mantener su nivel, sobre este tanque se inyecta la proporción designada de cada uno de los tanques de solución madre con 1 000 litros de capacidad.

En el caso del módulo U4, el aporte de fertilizantes no se realiza desde los tanques de solución madre citados anteriormente como en el resto de los invernaderos, sino que se realiza en las abonadoras situadas en cada subsector de riego en que queda dividido el invernadero, excepto el aporte de ácido nítrico a la solución para regular el pH del agua procedente de las balsas, que sí se realiza desde su correspondiente tanque.

De este tanque parte una tubería que lleva incorporada una bomba inyectora cuya misión es inyectar la solución madre (ácido nítrico) a un piezómetro que regula la cantidad de fertilizante para que sea lo más exacta posible. A continuación el ordenador comanda la electroválvula correspondiente para que la solución anterior pase al tanque de mezcla dependiendo de un intervalo de tiempo de apertura.

Durante el periodo de fertirrigación en el invernadero se han realizado aportes extras de fertilizantes en sus correspondientes tanques, siguiendo un proceso similar al que sigue el ácido nítrico.

- Sistema de distribución de la solución final a los goteros: la solución procedente del tanque de mezcla (agua + ácido nítrico) o en el caso de aporte de fertilizantes extra, también concentrados en el tanque de mezcla, se impulsan mediante una electrobomba de riego (3 CV), siendo conducidas a través de un filtro de anillas, y distribuyéndose posteriormente al invernadero mediante una red de tuberías de PVC de 60 mm de diámetro. El control del servicio del agua se hace mediante el uso de electroválvulas independientes.

Una vez que la solución llega al invernadero a través de la tubería se divide en seis sectores, cada uno con sus correspondientes abonadoras. Se dispone de doce abonadoras que actúan

simultáneamente de manera individual. Es en estas abonadoras dónde se realizará el aporte de fertilizantes según las premisas del ensayo. Procedente de cada abonadora partirán las tuberías portarramales y portagoteros para distribuir la solución nutritiva final a través de los goteros.



La separación de ramales portagoteros colocados en líneas pareadas es de 0,6 m entre ambas y 3 m de separación entre ramales en pasillos.

Los goteros instalados son del tipo Auto Twin autocompensante de $3,0 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ de descarga, manteniendo un caudal constante trabajando entre $1,0$ y $3,5 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$.

Se plantea realizar tres riegos semanales siguiendo un estricto programa de abonado previo. Todo el sistema se controla desde un ordenador situado en la sala de los cabezales de riego.

3.5 Material vegetal.

El cultivo sobre el que se realizó el estudio es de sandía (*Citrullus lanatus*); diploide cv. Dulce maravilla y triploide cv. Reina de corazones (con una relación 2/1) con un marco de plantación de $3,33 \times 1$ y una densidad de $0,3 \text{ plantas/m}^2$. Ambas injertadas en calabaza como patrón en los dos casos. Se realizará un ciclo de cultivo de final de invierno principio de primavera que tendrá una duración de cuatro meses y medio.

3.6 Manejo del cultivo.

3.6.1 Transplante y Arranque de plantas.

El transplante de sandía se realizó el 30/12/2009, discurriendo el cultivo primavera los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo. Siendo arrancadas las plantas el 12/05/2010. Para proceder a la plantación se apartó la capa de arena superficial y dejando la capa de tierra al descubierto, se procedió a hacer los agujeros de siembra, plantando directamente sobre ellos y colocando posteriormente las líneas de goteros.

3.6.2 Semiforzado.

Esta técnica fue utilizada exclusivamente en el caso de la sandía para favorecer su desarrollo, debido a las bajas temperaturas que todavía se alcanzaban en la fecha de transplante, aumentando la temperatura del entorno de la planta, aumentando la humedad, adelantando germinación y evitando ataques de plagas en su juventud.

Para llevar a cabo esta técnica se colocaron previamente unos alambres en forma de arquillo, sobre los cuales se colocó plástico EVA de 150 galgas de aproximadamente 1,5m. Para cerrarlos se aporco tierra por puntos en sus laterales encima del plástico y en sus extremos. Los tunelillos se colocaron el día de plantación y se retiraron 2 semanas después aproximadamente.

3.6.3 Fertirrigación.

La fertirrigación del cultivo se ha llevado a cabo apoyada en primer lugar en la siguiente solución ideal teniendo en cuenta los aportes en el agua de riego.

		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
SOLUCIÓN IDEAL	mmol	7,0	1,00	3,00	0,50		7,0	6,0	7,0	2,00	
	/l	0					0	0	0		
la 1 Solución ideal para la fertilización del cultivo de sandia usada en el experimento											
AGUA	mmol	0,3	0,00	0,75	1,00	2,1		0,1	0,3	0,58	2,9
	/l	2				1		3	0		3
APORTE S	mmol	6,6	1,00	2,25	-0,50	0,0	7,0	5,8	6,7	1,42	0,0
	/l	8				0	0	7	0		0

El cálculo del riego se obtuvo de la tabla de consumo medio del cultivo de sandía de la publicación de la estación experimental de las palmerillas, dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero de Almería ($l \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$).

MES	SEMANA	FECHAS DE TRANSPLANTE					
		1ª quincena Enero	2ª quincena Enero	1ª quincena Febrero	2ª quincena Febrero	1ª quincena Marzo	2ª quincena Marzo
ENERO	del 1 al 7	0,1					
	del 8 al 15	0,1					
	del 16 al 23	0,2	0,2				
	del 24 al 31	0,2	0,2				
FEBRERO	del 1 al 7	0,2	0,2	0,2			
	del 8 al 14	0,3	0,2	0,2			
	del 15 al 21	0,3	0,3	0,3	0,3		
	del 22 al 28	0,4	0,3	0,3	0,3		
MARZO	del 1 al 7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	
	del 8 al 15	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	
	del 16 al 23	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4
	del 24 al 31	1,4	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4
ABRIL	del 1 al 7	1,9	1,6	1,3	1,0	0,7	0,5
	del 8 al 15	2,4	2,1	1,7	1,3	1,0	0,7
	del 16 al 22	3,0	2,7	2,3	1,9	1,4	1,0
	del 23 al 30	3,4	3,3	2,9	2,5	2,0	1,4
MAYO	del 1 al 7	3,4	3,4	3,3	2,9	2,5	1,8
	del 8 al 15	3,7	3,7	3,7	3,7	3,3	2,7
	del 16 al 23	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,5
	del 24 al 31	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
JUNIO	del 1 al 7	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	del 8 al 15	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	del 16 al 22	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
	del 23 al 30	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8

Ilustración 5 Consumos medios del cultivo de sandía ($l \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$)

Teniendo en cuenta todo lo expuesto se realizó un cuadro de fertilización específico para los dos experimentos llevados a cabo con sus respectivos tratamientos.

3.7 EXPERIMENTO DEL INHIBIDOR DE LA NITRIFICACIÓN.

- **Tratamiento 0**, será el tratamiento testigo, con una fertilización convencional. Habitual disolución preparada con aguas de baja o media conductividad. Se fertilizará con abonos simples y binarios tipo nitrato amónico, nitrato potásico, nitrato de calcio y ácido fosfórico.

	N. Cálcico	A. Fosfórico (72%)	A. Nítrico (54%)	S. Potásico	Nitrato Amónico	CALCIO (CaO ₂)
ENRAIZAMIENTO	0,37	0,09	0,00	0,51	0,17	0,00
FLORACIÓN Y CUAJADO	0,74	0,09	0,00	0,51	0,01	0,00
ENGORDE Y MADURACIÓN	0,00	0,09	0,00	0,51	0,55	0,00

Tabla 2 Tabla de fertilización del tratamiento 0

- **Tratamiento 1**, se realizó una fertilización convencional aplicando todo el nitrógeno con el producto (KIOTO) con la molécula DMPP de inhibición de la nitrificación.

g · L⁻¹	N. Cálcico	A. Fosfórico (72%)	A. Nítrico (54%)	S. Potásico	KIOTO	CALCIO (CaO ₂)
ENRAIZAMIENTO	0,00	0,09	0,00	0,51	0,57	0,05
FLORACIÓN Y CUAJADO	0,00	0,09	0,00	0,51	0,57	0,10
ENGORDE Y MADURACIÓN	0,00	0,09	0,00	0,51	0,94	0,17

Tabla 3 Tabla de fertilización del tratamiento 1

3.8 EXPERIMENTO DEL ELICITOR.

- **Tratamiento 0**, será el tratamiento testigo, con una fertilización convencional habitual disolución preparada con aguas de alta conductividad. Se fertilizará con abonos simples y binarios tipo nitrato amónico, nitrato potásico, nitrato de calcio y ácido fosfórico.
- **Tratamiento 1**, se realizó una fertilización convencional habitual disolución preparada con aguas de alta conductividad más el elicitor vía disolución nutritiva. Se fertilizará con abonos simples y binarios tipo nitrato amónico, nitrato potásico, nitrato de calcio y ácido fosfórico.
- **Tratamiento 2**, se realizó una fertilización convencional habitual disolución preparada con aguas de alta conductividad más el elicitor vía foliar nutritiva. Se fertilizará con abonos simples y binarios tipo nitrato amónico, nitrato potásico, nitrato de calcio y ácido fosfórico.

$g \cdot L^{-1}$	N. Cálcico	A. Fosfórico (72%)	A. Nítrico (54%)	S. Potásico	ELICITOR	CALCIO (CaO ₂)
ENRAIZAMIENTO	0,37	0,09	0,00	1,00	0,57	0,00
FLORACIÓN Y CUAJADO	0,74	0,09	0,00	1,00	0,57	0,00
ENGORDE Y MADURACIÓN	0,00	0,09	0,00	1,00	0,94	0,00

Tabla 4 Tabla de fertilización de los tratamientos T0, T1 Y T2.

3.9 Tratamientos Fitosanitarios.

A lo largo de todo el ciclo de cultivo se aplicaron una serie de tratamientos aéreos a las plantas, siendo todos ellos compatibles con el uso de abejas. Se resumen en la siguiente tabla, junto con la fecha, dosis y periodo de seguridad:

Fecha	Producto Comercial	Materia Activa	Dosis	Plazo de seguridad
23/02/2010	FOSBEL 80 PM	Fosetil-AL 80% [WP] P/P	0,25-0,3 %	15
10/03/2010	TUREX	Bacillus Thuringiensis Aizawai 2,5% (25 Mill. de U.I./G) [WP] P/P	1-2 Kg·ha ⁻¹	NP
18/03/2010	MICENE TRIPLE	Benalaxil 6% + Cimoxanilo 3,2% + Mancozeb 40% [WP] P/P	0,25-0,35%	7

	TUREX	Bacillus Thuringiensis Aizawai 2,5% (25 Mill. de U.I./G) [WP] P/P	1-2 Kg·ha ⁻¹	NP
29/03/2010	GUZAN	Mancozeb 80% [WP] P/P	0,2-0,3 %	3
	BERMECTINE	Abamectina 1,8% [EC] P/V	0,05-15%	3
	SPINTOR 480 SC	Spinosad 48% [SC] P/V	20-25 cc/Hl	3
	TRIGARD 75 WP	Ciromazina 75% [WP] P/P	0,02-0,04 %	3
19/04/2010	SPINTOR 480 SC	Spinosad 48% [SC] P/V	20-25 cc/Hl	3
	MICENE TRIPLE	Benalaxil 6% + Cimoxanilo 3,2% + Mancozeb 40% [WP] P/P	0,25-0,35%	7
	TUREX	Bacillus Thuringiensis Aizawai 2,5% (25 Mill. de U.I./G) [WP] P/P	1-2 Kg·ha ⁻¹	NP
13/05/2010	BERMECTINE	Abamectina 1,8% [EC] P/V	0,05-15%	3
	CADDY 10 PEPITE	Ciproconazol 10% [WG] P/P	0,01-0,02 %	3

Tabla 5 Resumen de los tratamientos aéreos aplicados

Al principio del ciclo de cultivo las temperaturas eran todavía bajas por las fechas de plantación, motivo por el cual se le colocaron tunelillos para aumentar esas temperaturas y aumentando aun más la ya alta humedad relativa, por lo que se le dieron tratamientos con fungicidas como el Fosbel 80 PM, para evitar problemas con hongos. Los tratamientos con fungicidas se siguieron repitiendo una vez retirados los tunelillos alternando materias activas (Micene triple, Caddy 10 pepite y Guzan) en diferentes momentos y condiciones climáticas.

Otro problema que apareció y se controló desde el principio y durante todo el cultivo fue la aparición de *Spodoptera* y minador se aplicaron Turex y Trigard 75 WP respectivamente también se usó otro producto para controlar esas plagas junto con algunos focos de araña roja y pulgón que aparecieron como es el Spintor 480 SC y Bermectine.

Con estos tratamientos en las dosis y fechas anteriormente expuestas se consiguió que el cultivo completara todo su ciclo sin ningún tipo de problema ni pérdidas considerables.

3.10 Insectos Auxiliares.

En este ensayo el único insecto auxiliar que se utilizó fue para la realización de la polinización mediante el uso de colmenas de abejas (*Apis mellifera*). En un primer momento se introdujo una sola colmena en el invernadero cuando se observaron entre 6 y 8 flores femeninas por planta, colocándola en un rincón, buscando el sitio más fresco posible y colocándole una bandeja de corcho encima para evitar la caída de gotas de condensación y disminuir la temperatura.

3.11 Recolección.

La recolección se realizó en tres cortes, el primero se realizó el 27 de Abril del 2010 a los 118 días después del trasplante (DDT) y el segundo el 5 de Mayo del 2010 a los 126 (DDT) y el tercer corte 12 de Mayo a los 133 (DDT). En cada corte se cortó la sandía en estado óptimo, debido al conocimiento por estudios anteriores del plazo de maduración (38 días). Este trabajo fue realizado por cortadores profesionales para mayor certeza. El corte de las sandías se realizó a primera hora de la mañana para evitar que las altas temperaturas falseasen la percepción de maduración.

Una vez que los cortadores acabaron, entraron una cuadrilla de trabajadores para la recogida de los frutos lo antes posible. Las sandías recolectadas se introducían en boxes para su posterior transporte, separando las sandías de diferente variedad.

3.12 Diseño experimental.

Se realiza un diseño experimental de dos experimentos con parcelas alternadas con dos tratamientos y tres repeticiones. Cada repetición consta de parcela con su abonadora propia, sobre las que se realizará el estudio, toma de muestras y datos. Cada repetición estará separada por una barrera textil que evitará que se mezclen las plantas de diferentes tratamientos.

3.12.1 Experimento del inhibidor de la nitrificación.

Tratamiento 0: Fertilización convencional habitual, disolución preparada con aguas de media o baja conductividad.

Tratamiento 1: Fertilización nitrato - amonio con el inhibidor de la nitrificación, (DMPP) disolución preparada con aguas de media o baja conductividad.

3.12.2 Experimento del elicitor.

Tratamiento 0: Fertilización convencional habitual, disolución preparada con aguas de alta conductividad.

Tratamiento 1: Fertilización convencional habitual, disolución preparada con aguas de alta conductividad más utilización de la menadiona vía disolución nutritiva.

Tratamiento 2: Fertilización convencional habitual, disolución preparada con aguas de alta conductividad más utilización de la menadiona, (Dosis 2 l/ha) vía disolución foliar.

La distribución de cada tratamiento y repetición en el invernadero para el experimento del inhibidor de la nitrificación:

T0	T1	T0
T1	T0	T1

La distribución de cada tratamiento y repetición en el invernadero para el experimento del elicitor:

T0	T1	T0
T2		T2
T1	T0	T1
	T1	

3.13 Ejecución del experimento.

En el experimento la distribución de los fertilizantes se realizó parte en cada una de las seis abonadoras localizadas en el invernadero, nitrógeno y calcio, en las dosis que a continuación describiremos y el resto elementos se aplicarán desde el sistema de inyección de fertilizantes ubicado en el cabezal de riego y controlado por el ordenador allí situado.

Tomando como partida los datos iniciales marcados por la solución nutritiva del cultivo, las necesidades de riego y el estado fenológico de la planta se han calculado las dosis correspondientes de cada producto dependiendo de los riegos que se realicen a la semana.

Entre los fertilizantes utilizados destacamos el fertilizante a evaluar en experimento del inhibidor: pertenece a COMPO es un fertilizante líquido perteneciente a la gama Novammon y llamado Kioto, con la siguiente riqueza:

- 20% Nitrógeno (N) total
- 10% Nitrógeno (N) nítrico
- 10% Nitrógeno (N) amoniacal
- 0,8% DMPP (sobre nitrógeno nitrificable)

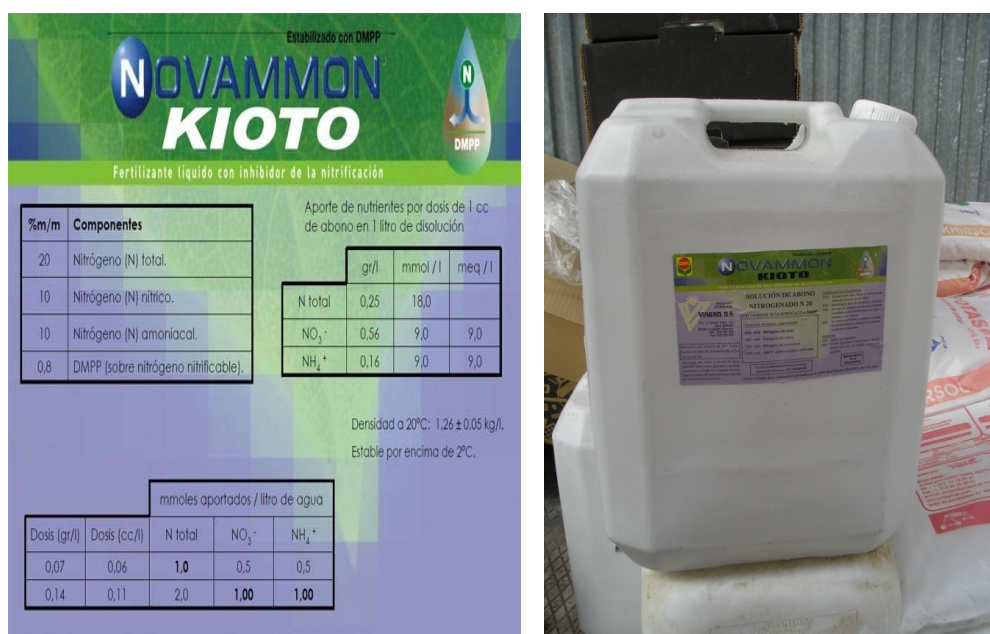


Ilustración 6 Etiqueta y vista del envase del abono a evaluar en el ensayo

En el experimento del elicitador es producto comercial, llamado ACT-2. Actualmente el grupo está llevando a cabo estudios de caracterización molecular de los mecanismos activados en las plantas por uno de los derivados hidrosolubles de la vitamina K₃ (Borges et al., 2004),

denominado menadiona sodio bisulfito (MSB), que proviene de la menadiona (CSIC, 2006). Este está relacionado con la respuesta de la planta al estrés biótico y abióti.

A continuación se muestran las tablas donde están ubicados todos los datos necesarios para realizar el aporte correcto de fertilizantes una vez calculada su dosis final en gramos de producto para cada riego:

Fertilizantes empleados en el experimento del inhibidor de la nitrificación.

T0		MINUTOS	TIEMPO DE RIEGO / VOLUMEN DE PRODUCTO A EMPLEAR					
			20		30		40	
			LITROS					
FASE	CE	DOSIS (g·L ⁻¹)	g (Norte)	g (Sur)	g (Norte)	g (Sur)	g (Norte)	g (Sur)
ENRAIZAMIENTO	1,3	0,54						
Nitrato Cálcico	0,10	0,37	137	110	205	165	273	220
Nitrato Amónico	1,23	0,17	63	50	94	76	125	101
FLORACIÓN y CUAJADO	0,0	0,75						
Nitrato Cálcico		0,74	273	219	409	329	545	439
Nitrato Amónico		0,01	4	3	6	5	8	6
ENGORDE y MADURACION	0,0	0,55						
Nitrato Cálcico			0	0	0	0	0	0
Nitrato Amónico		0,55	203	163	304	245	406	327

Tabla 6 Programa de abonado del T0 a seguir durante el experimento.

			TIEMPO DE RIEGO / VOLUMEN DE PRODUCTO A EMPLEAR					
T1		MINUTOS	20		30		40	
		LITROS	369	297	553,5	445,5	738	594
FASE	CE	DOSIS (ml·L ⁻¹)	ml (Norte)	ml (Sur)	ml (Norte)	ml (Sur)	ml (Norte)	ml (Sur)
ENRAIZAMIENTO	1,2	0,62						
KIOTO 20-0-0	1,16	0,57	210	169	315	254	421	339
FLORACIÓN y CUAJADO	0,0	0,68						
KIOTO 20-0-0		0,57	211	170	317	255	423	340
Sumical		0,10	39	31	58	47	77	62
ENGORDE y MADURACION	0,0	0,94						
KIOTO 20-0-0		0,94	345	278	518	417	690	555

Tabla 7 Programa de abonado del T1 a seguir durante el experimento.

Fertilizantes empleados en el experimento del elicitor.

T0, T1 Y T2			TIEMPO DE RIEGO / VOLUMEN DE PRODUCTO A EMPLEAR					
			20		30		40	
			LITROS					
FASE	CE	DOSIS (g·L ⁻¹)	g (Norte)	g (Sur)	g (Norte)	g (Sur)	g (Norte)	g (Sur)
ENRAIZAMIENTO	3,3	0,54						
Nitrato Cálcico	0,10	0,37	137	110	205	165	273	220
Nitrato Amónico	1,23	0,17	63	50	94	76	125	101
Sulfato Potásico	1,96	1,00	369	297	554	446	738	594
FLORACIÓN y CUAJADO	2,0	1,75						
Nitrato Cálcico		0,74	273	219	409	329	545	439
Nitrato Amónico		0,01	4	3	6	5	8	6
Sulfato Potásico	1,96	1,00	369	297	554	446	738	594
ENGORDE y MADURACION	2,0	1,55						
Nitrato Cálcico			0	0	0	0	0	0
Sulfato Potásico	1,96	1,00	369	297	554	446	738	594
Nitrato Amónico		0,55	203	163	304	245	406	327

Tabla 8 Programa de abonado del T0 T1 T2 a seguir durante el experimento.

La preparación tiene lugar en la nave donde se encuentra ubicado el cabezal de riego. Sobre una mesa y con todos los útiles necesarios al alcance, la preparación de fertilizantes se realiza de una forma rápida y eficaz. Se trata de introducir en cada bolsa enumerada con su tratamiento y repetición la cantidad de abono que requerirá ese riego dependiendo del periodo de desarrollo de las plantas, en el caso del T1 al tratarse los dos fertilizantes de líquidos se introducirá en botes de plástico herméticos.

Sobre la mesa están ubicados un vaso dosificador, una probeta, unos vasitos para extraer los fertilizantes de los sacos y de las garrafas, una báscula modelo “EKS Electronic” de 2.000 g y sensibilidad de 1 g para el peso del producto, un paquete de bolsas y de botes para su almacenamiento, un cuchillo para deshacer el fertilizante compactado en los sacos y las hojas de cálculo para poder realizar una correcta dosificación de productos.

El trabajo consiste en mirar del estadillo de abonado la dosis de abono correspondiente a cada una de las repeticiones de los distintos tratamientos en que se divide el ensayo, y con el vasitos extraer las cantidades del saco o garrafa correspondiente, pesándola en la báscula sobre la cual se encuentra un vaso dosificador para la deposición de la cantidad asignada. Después se introducirá en una bolsa y bote para posteriormente ser depositada en su abonadora. Este procedimiento se realiza con todos los productos a aplicar, obteniendo al final un total de tres bolsas y tres botes por riego que corresponden a las seis repeticiones ubicadas en el invernadero, cada una de ellas con todos los fertilizantes que necesita ese riego.

3.14 Toma de datos.

Durante el trascurso del ciclo de cultivo se han realizado una serie de actividades destinadas a la obtención de distintos parámetros de suma importancia para la obtención de conclusiones, por la comparación entre los diferentes tratamientos del ensayo. Se han llevado a cabo cuatro prácticas para la determinación de parámetros de producción y calidad, composición del suelo,

análisis de frutos y características foliares. Los pasos a realizar en cada una de las prácticas se detallan a continuación:

3.14.1 Producción y calidad.

PRODUCCIÓN:

La toma de datos se realizó en los dos cortes de sandía.

Metodología.

En el momento del corte y recogida de los frutos se contabilizó el número total de frutos de cada repetición y de cada variedad; paralelamente a esto, se seleccionaban al azar diez frutos de la cv. Reina de corazones (triploide) y cinco de cv. Dulce maravilla (diploide). Estos frutos seleccionados se pesaron todos y se escogían cinco frutos triploides al azar para medirle el perímetro longitudinal, el transversal y el diámetro pistilar. Por último de estos últimos cinco se escogían tres para la obtención de los parámetros de calidad interna.

Parámetros a evaluar.

- Kg.m^{-2}
- kg/planta
- Frutos/m^2
- Frutos/planta
- Peso medio del fruto (Kg)

Materiales utilizados.

- Báscula: EKS, Max: 2 Kg, precision = 1g.
- Calibre electrónico, Dicsa que mide de 0 a 150 mm, sensibilidad = 0,01mm
- Cinta métrica, de Max: 1,5 m, precisión = 5 mm

CALIDAD:

La toma de datos se realizó en los dos cortes de sandía.

Calidad Interna:

Metodología.

Los tres frutos seleccionados, anteriormente descrita la forma de selección, se llevaban al laboratorio. La toma de datos consistía en partir por la mitad el fruto con un cuchillo de grandes dimensiones y medir en cualquiera de las mitades:

- Espesor de la corteza.

En una de las mitades del fruto se seleccionan tres puntos diferentes intentando que sean lo más representativo posibles y se mide, para posteriormente obtener el valor medio, se usa el calibre electrónico, modelo “Stainless Hardened” de 150 mm y sensibilidad de 0,01mm.

- Consistencia de la pulpa.

En tres puntos diferentes intentando que los puntos formen una forma triangular se realiza la medida de consistencia con el penetrómetro, el aparato utilizado es del modelo “Fruit Pressure Tester fp 327” con una sensibilidad de 0.01 kg·cm⁻².

- Contenido en sólidos solubles.

Con un cuchillo se coge una porción de la pulpa y se depositando en el refractómetro algo de zumo de sandia para realizar la medida de los sólidos solubles (°Brix). Se realiza con el modelo "Atago Hand Refractrometer ATC-1E" con sensibilidad de 0.2 ° Brix.

- Color

Se realiza con una paleta de color plastificada que posee una escala de colores de 1 a 4, en la cual se representa de menor a mayor la madurez de la sandía.

- pH.

La última operación consiste en obtener el pH del fruto. Para ello en el agujero que se hizo para obtener el trozo de pulpa para medir los °Brix se acumula caldo ahí se introdujo el pH-metro. Se utiliza el modelo "WTW TH 320" con sensibilidad de 0.01.

En lo que respecta a la calidad externa, se evaluará con los datos tomados en el momento de tomar los datos de producción, los datos de perímetro transversal, longitudinal y cicatriz pistilar. Con las medidas de los perímetros obtendremos dividiendo el valor del perímetro longitudinal entre el transversal el ultimo parámetro de calidad externa, el coeficiente de forma.

3.14.2 Suelo.

La toma de muestras de suelo, para la realización de los análisis y obtener los datos de los niveles de los parámetros buscados, se realizó tres veces a lo largo del ciclo de cultivo; la primera antes del establecimiento del cultivo, la segunda en mitad del ciclo de cultivo (20/04/2009, 67ddt) y la ultima al final del ciclo de cultivo (03/06/2009, 110 ddt).

Metodología de la toma de muestras de suelo.

En la toma de muestras hay que diferenciar las dos profundidades que se van a evaluar, de 0 a 15 cm y de 16 a 30 cm de profundidad. La toma de muestras se realizó en cada una de las parcelas elementales de cada repetición. Se tomaban muestras en cinco puntos diferentes de la parcela en forma de "cinco de oros" tomando puntos que estén ni muy cerca ni muy lejos de los goteros a unos 25 cm.

Para obtener las muestras de suelo se usó una barrena, la cual se introducía a una profundidad de 30 cm y luego al sacarla se vertían los primeros 15 cm a un depósito y el resto a otro diferente. Una vez que se tomaban los cinco puntos se homogeneizaba el suelo y se tomaban muestras de un kilogramo y se introducía en una bolsa de plástico, rotulada con la profundidad, tratamiento y repetición. Obteníamos así dos muestras por cada repetición una de cada profundidad.

Una vez que teníamos todas las muestras, las separamos por profundidades, la introducíamos en cajas diferentes y se enviaron al laboratorio junto con un boletín de análisis de suelo. Este laboratorio realizó el análisis.

De los análisis completos de suelo realizados por el laboratorio obtenemos los datos que evaluamos y comparamos, son los siguientes; contenido de nitratos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

3.15. Procesado de datos.

La toma de datos de los distintos parámetros del cultivo evaluados en el ensayo, se realizará sobre unos estadillos elaborados previamente y adaptados a los parámetros a evaluar.

3.15.1. Tratamiento de los registros.

Se realizará la ordenación, clasificación, revisión y almacenamiento de los mismos sobre una hoja de cálculo mediante el programa Microsoft Excel 2000.

Posteriormente, se exportarán los datos al paquete estadístico Statgraphics plus 5.1 para Windows, donde se realizará un análisis de la varianza ($p < 0,05$) y test de mínima diferencia significativa mediante el método de Duncan para un nivel de confianza del 95 %.

Con los resultados obtenidos se realizará una evaluación y una representación, que será incluida en el apartado de resultados y discusiones del trabajo.

3.15.2. Análisis estadístico.

Los componentes del análisis estadístico son los siguientes:

Análisis de la varianza.

El análisis de la varianza se realiza mediante la tabla Anova, la cual, descompone la variabilidad de los diferentes factores dentro de contribuciones esperadas a varios factores. En este análisis, la contribución de cada factor ha sido medida habiendo eliminado previamente los efectos de los demás factores. Los valores de p que aparecen en las tablas muestran la insignificancia estadística de cada uno de ellos, de manera que cuando los valores de p son menores de 0,05, significa que tienen un efecto estadísticamente significativo para el parámetro tratado con un nivel de confianza del 95%.

Test de rango múltiple.

El método usado para discriminar entre las medias, es el de las menores diferencias significativas de Duncan. En las tablas obtenidas se aplican comparaciones múltiples para

determinar que medias se diferencian significativamente de las demás. El cálculo de los valores medios para cada nivel (o grupo de niveles) se ha realizado en función de la pertenencia de cada nivel a un grupo homogéneo o a la intersección entre varios grupos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Estudio de los parámetros de rendimiento y calidad de la sandía donde se aplicó el elicitor.

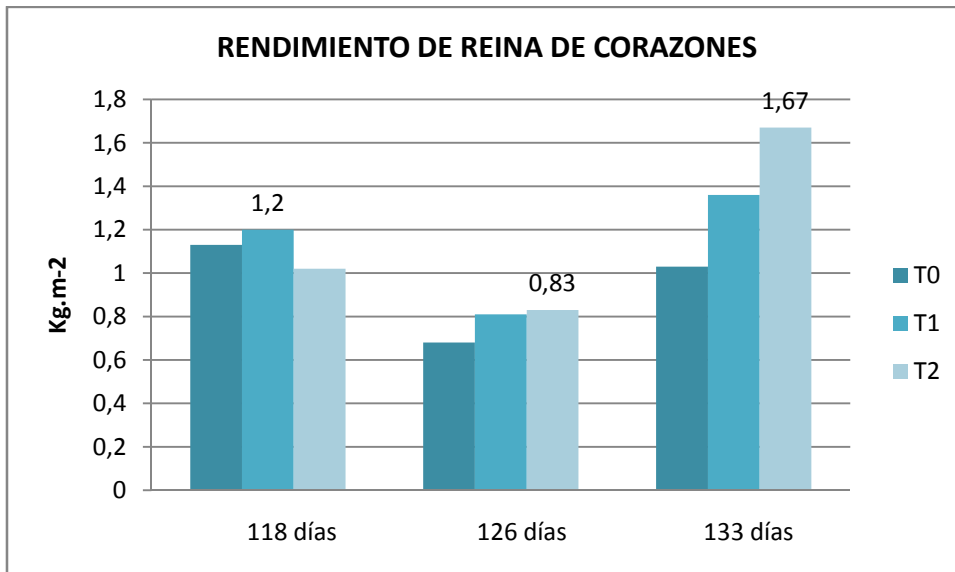
4.1.1. Producción.

De acuerdo con los datos obtenidos en nuestro experimento, podemos afirmar que el elicitor de resistencia menadiona sodio bisulfito (MSB), no ha producido diferencias estadísticamente significativas, sobre el rendimiento total acumulado por unidad de superficie durante el ciclo de cultivo tabla (1).

El primer corte de la variedad Reina de Corazones se realizó a los 118 días después del trasplante (ddt). Para los diferentes tratamientos el mayor valor promedio de rendimiento se obtuvo con la utilización del elicitor vía riego (T1) con $1,20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, siendo ligeramente inferior para el testigo (T0) con $1,13 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. La producción obtenida con el empleo del elicitor vía foliar (T2) fue $1,02 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ resultando ser la menor todas. En el segundo corte se aprecia una disminución del rendimiento con respecto al primer y al tercero, los mayores valores promedio se obtuvieron en (T2) con $0,83 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. El tercer corte se realizó a los 133 ddt, obteniendo el mayor rendimiento en (T2) con $1,67 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Tabla (1). Rendimiento Reina de Corazones en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

ddt	118 días	126 días	133 días	Total
T0 (Testigo)	1,13	0,68	1,03	2,84
T1 (MSB riego)	1,20	0,81	1,36	3,37
T2 (MSB foliar)	1,02	0,83	1,67	3,52
P Valor	0,97	0,93	0,38	0,57
C Variación %	78,87	59,83	44,26	30,40
Error Estándar	0,58	0,30	0,37	0,62

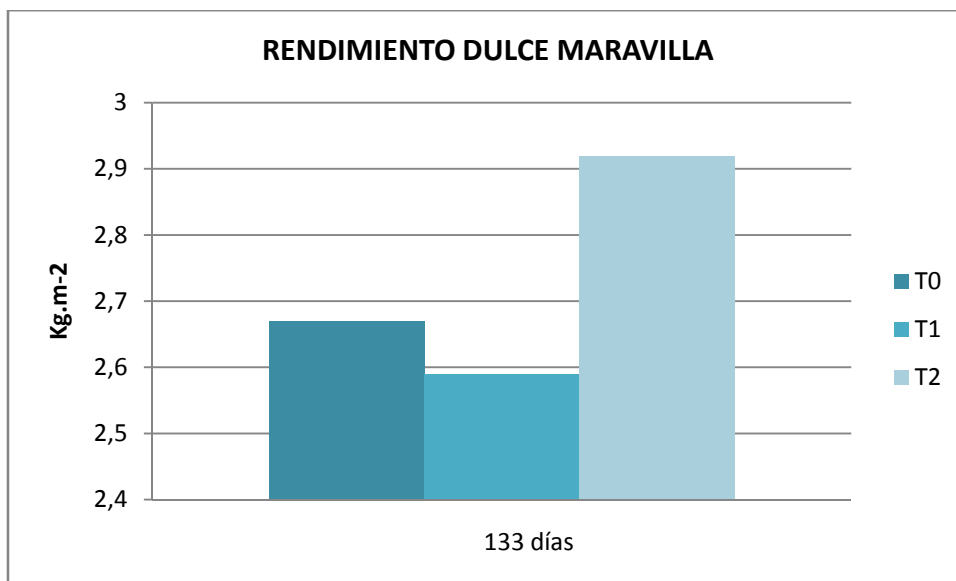


Grafica (1). Rendimiento de Reina de Corazones en kg·m⁻².

La variedad diploide fue menos precoz que la triploide, existiendo una diferencia en la fecha de corte de 15 días, en cuanto al rendimiento, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Aunque los promedios son similares, hay un repunte en T2 de 0,33 kg·m⁻² con respecto a T1; se aprecia que se obtienen mejores resultados en T6 con elicitor vía riego que en T0.

Tabla (2). Rendimiento de Dulce Maravilla en kg·m⁻².

ddt	118días	126 días	133 días	Total
T0 (Testigo)			2,67	2,67
T1 (MSB riego)			2,59	2,59
T2 (MSB foliar)			2,92	2,92
P Valor			0,86	0,86
C Variación %			24,24	24,24
Error Estándar			0,42	0,42



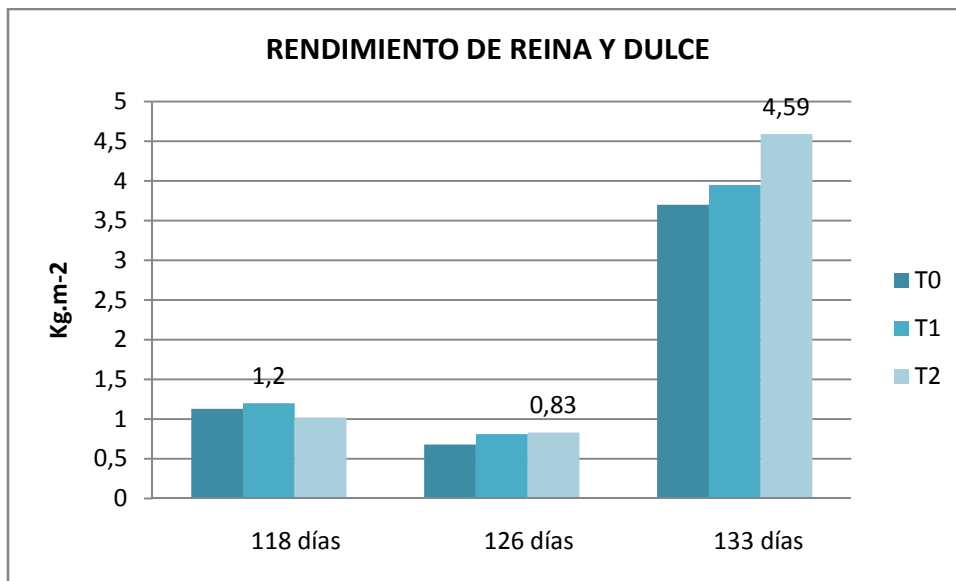
Grafica (2). Rendimiento de Dulce Maravilla en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

4.1.2. Producción total acumulada.

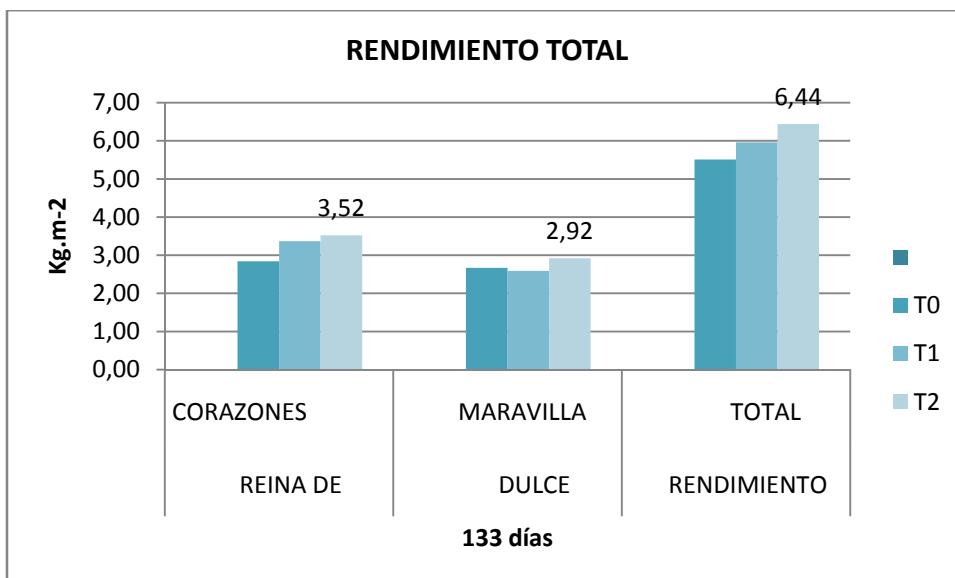
Los valores de rendimiento obtenidos, entre 6,44 y 5,51 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, contrastan con los que tuvieron Camacho y Fernández en 1996 (8 a 12,5 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), debido fundamentalmente a las condiciones climáticas reinantes durante este cultivo, que han sido especialmente anómalas para el desarrollo y crecimiento de la planta y muy particularmente para la actividad de los insectos polinizadores.

Tabla (3). Rendimiento total de los tres cortes de Reina de Corazones y Dulce Maravilla en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

ddt	118 días	126 días	133 días	Total
T0 (Testigo)	1,13	0,68	3,70	5,51
T1 (MSB riego)	1,20	0,81	3,95	5,96
T2 (MSB foliar)	1,02	0,83	4,59	6,44
P Valor	0,97	0,93	0,56	0,76
C Variación %	78,87	59,86	22,70	24,84
Error Estándar	0,58	0,30	0,58	0,97



Grafica (3). Rendimiento de Reina de Corazones y Dulce Maravilla $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.



Grafica (4). Rendimiento total en kg·m⁻² .

4.1.3. Estudio de los parámetros de calidad interna de Reina de Corazones.

En las tablas número 1, 2, 3 y 4 se presentan la totalidad de los datos obtenidos del estudio de los parámetros de calidad interna de los frutos para la variedad Reina de Corazones; color, contenido de sólidos solubles, pH, consistencia de la pulpa y grosor de la corteza.

4.1.3.1. Calidad de la cosecha 1.

El estudio de los datos obtenidos del primer corte realizado a los 118 días después de tratamiento, (118 ddt), da unos resultados en los que no se aprecian diferencias entre los tratamientos y el testigo.

En el análisis de sólidos solubles el valor promedio rondó los 10,2 °Brix en los tres tratamientos. Podemos destacar el grosor de corteza fue superior a 15 mm en todos los tratamientos. Los valores de consistencia de la pulpa fueron idénticos en los tratamientos T0 y T1 de 1,63 Kg.cm⁻² respectivamente, mientras que el T2 fue de 1,73 Kg.cm⁻² . En cuanto al color interno del fruto para este corte fue de 2,89 para los tratamientos T0 y T1, siendo el valor promedio ligeramente inferior para el T2. En cuanto al pH del fruto los valores promedio para los tres tratamientos rondaron entorno a 5,20.

Tabla (1).Calidad de los frutos en cosecha 1.

Primer corte 118 días después de tratamiento					
DDT	0 Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	10,07	15,38	1,63	2,89	5,24
T1 (MSB)rie.	10,50	15,12	1,63	2,89	5,19
T2 (MSB)fol.	10,07	15,78	1,73	2,28	5,28
P Valor	0,79	0,90	0,90	0,37	0,77
C Variación %	14,25	18,23	27,49	34,42	4,83
Error Est.	0,50	0,97	0,16	0,31	0,09

4.1.3.2.Calidad de la cosecha 2.

La calidad interna del fruto de la sandía para el corte segundo (126 ddt) podemos afirmar que se han producido diferencias, entre los promedios de la consistencia de la pulpa, en T0 y T1 la fue de 1,89 Kg.cm⁻² mientras que el tratamiento T2 la consistencia fue un 1,51 Kg.cm⁻². Se observan cambios en el grosor de la corteza siendo de valor 12,79 mm en T2 y 14,6 mm para el T0 y de 15,35 mm para el T1. En cuanto a los valores del color son más intensos en T2 que T0 y T1 respectivamente. Los valores de pH y de sólidos solubles son muy parecidos, no habiendo diferencia alguna.

Tabla (2) .Calidad de los frutos en cosecha 2.

Segundo corte 126 días después de tratamiento					
DDT	0 Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	10,83	14,65	1,89	2,86	5,79
T1 (MSB)rie.	10,91	15,35	1,89	2,78	5,62
T2 (MSB)fol.	10,93	12,79	1,51	3,11	5,81
P Valor	0,97	0,09	0,00	0,34	0,06
C Variación %	7,96	17,93	17,01	16,89	3,22
Error Est.	0,30	0,80	0,081	0,16	0,06

4.1.3.3. Calidad de la cosecha 3.

En el siguiente corte se obtuvo a los 133 ddt. No se produjeron diferencias entre tratamientos, se observa que el valor de sólidos solubles en T0, y de 11,49 siendo en T1 y T2 inferior a 11 °Brix. El grosor de corteza fue de 10,65 mm en T2, mientras que en T1 fue 11,82 mm superior que el T2 y en T0 fue de 12,33. Por otro lado la consistencia de la pulpa fue mayor en T0, de 3,21 Kg.cm⁻² siendo 1,7 Kg.cm⁻² inferior a T1 y T2 respectivamente. En el color interno del fruto se aprecia que en T1 con 3,3. En los tratamientos T0 tuvo un valor de 2,56 siendo T2 3,0. En el análisis del pH del fruto no se aprecian diferencias entre tratamientos, estando comprendido su valor entre 5,6 a 5,7.

Tabla (3). Calidad de los frutos en cosecha 3.

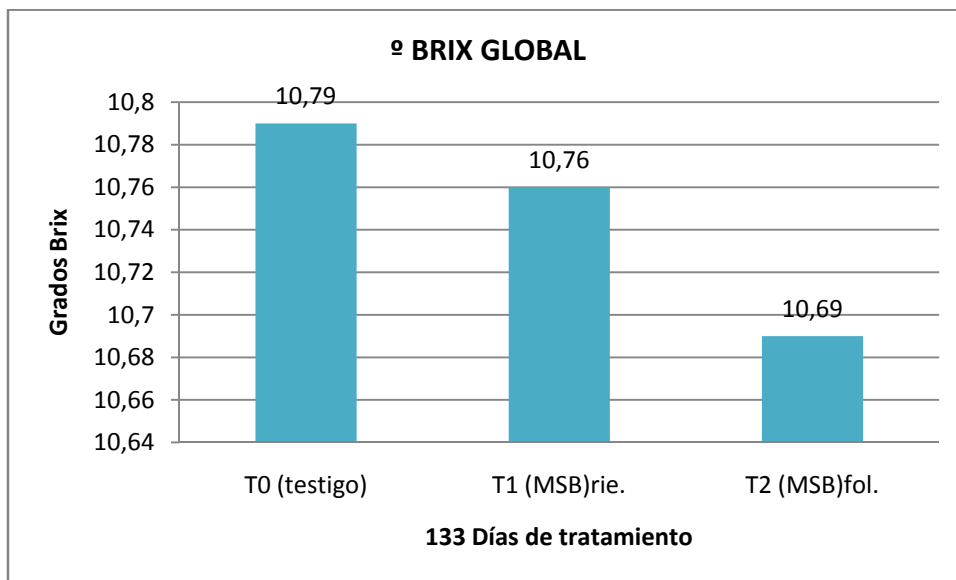
Tercer corte 133 días después de tratamiento					
DDT	° Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	11,49	12,32	3,21	2,56	5,77
T1 (MSB)rie.	10,77	11,82	1,56	3,33	5,75
T2 (MSB)fol.	10,92	10,65	1,32	3,0	5,65
P Valor	0,21	0,168	0,56	0,06	0,29
C Variación %	8,14	16,61	37,08	23,83	2,33
Error Est.	0,29	0,6207	0,17	0,21	0,04

4.1.3.4. Calidad global de toda la cosecha.

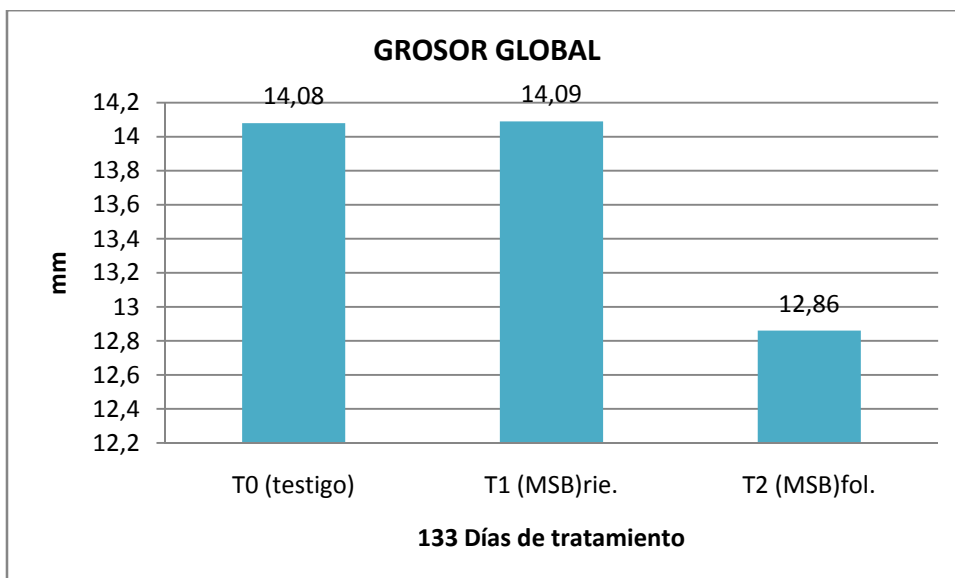
En la tabla 4 se observa no se produjeron diferencias entre tratamientos. En 1996 Camacho, y Fernández, obtuvieron valores de sólidos solubles entre 11,3 y 11,6 °Brix. En otro trabajo realizado en el centro experimental de la fundación Caja Rural de Valencia (Pomares *et al.* 1999), en la campaña 1995 obtuvieron valores de °Brix de 10,20 y 11,20. Nuestros valores están 10,79 y 10,69 °Brix.

Tabla (4). Calidad total de los tres cortes.

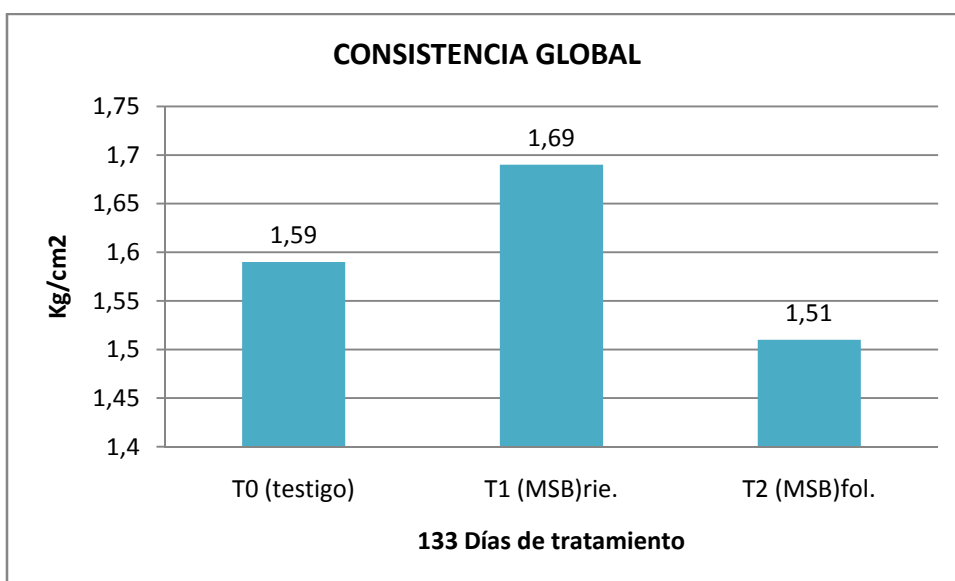
Calidad global de la cosecha					
DDT	0 Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	10,79	14,08	1,59	2,76	5,56
T1 (MSB)rie.	10,76	14,09	1,69	3,0	5,52
T2 (MSB)fol.	10,69	12,86	1,51	2,84	5,61
P Valor	0,95	0,22	0,34	0,49	0,60
C Variación %	10,69	21,22	28,69	25,50	5,39
Error Est.	0,23	0,58	0,92	0,15	0,06



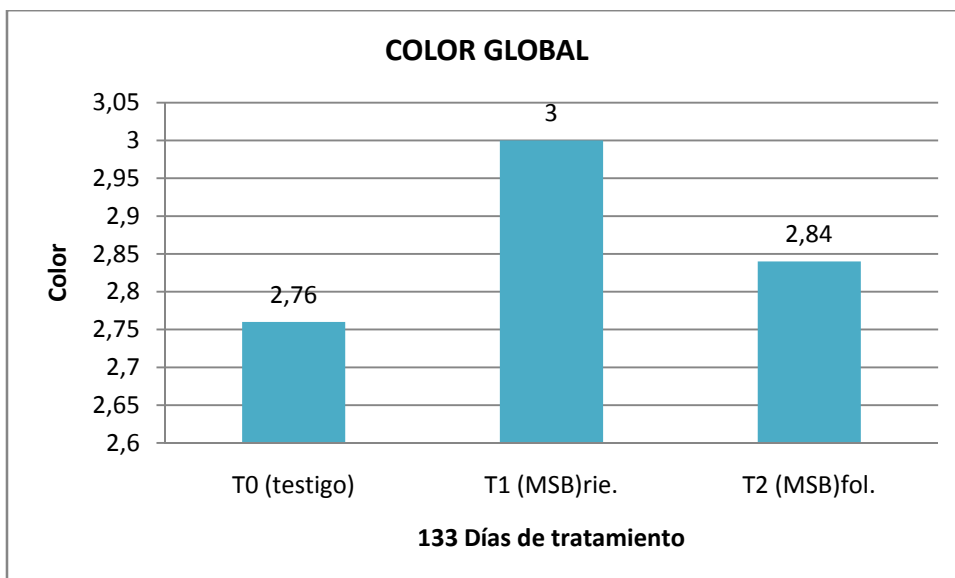
Grafica (4.1). Grados Brix acumulados.



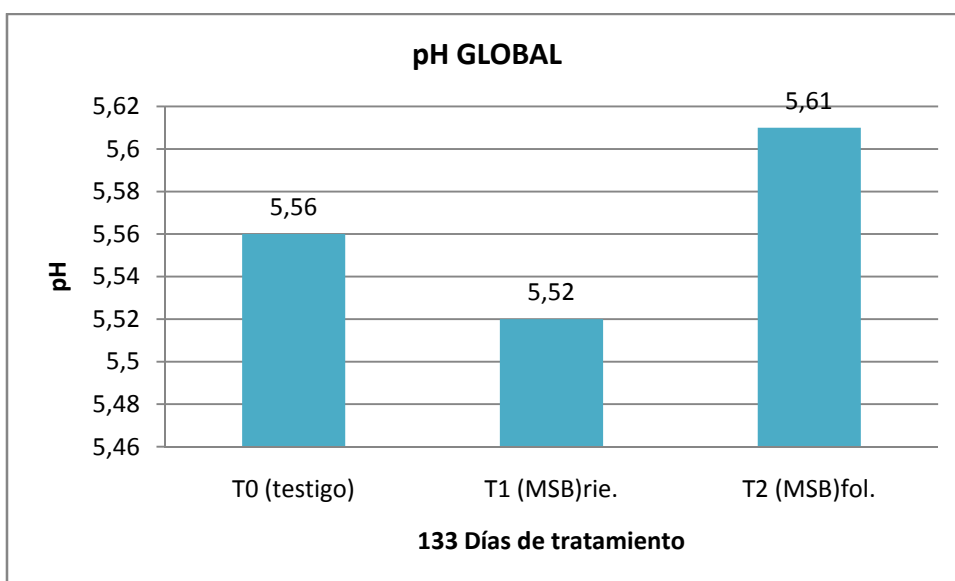
Grafica (4.2). Grosor de corteza (mm) acumulado.



Grafica (4.3). Consistencia de la pulpa (Kg/cm²) acumulada.



Grafica (4.4). Color acumulado.



Grafica (5.5). pH acumulado.

4.2. Estudio de los parámetros de rendimiento y calidad de la sandía donde se aplicó el inhibidor de la nitrificación.

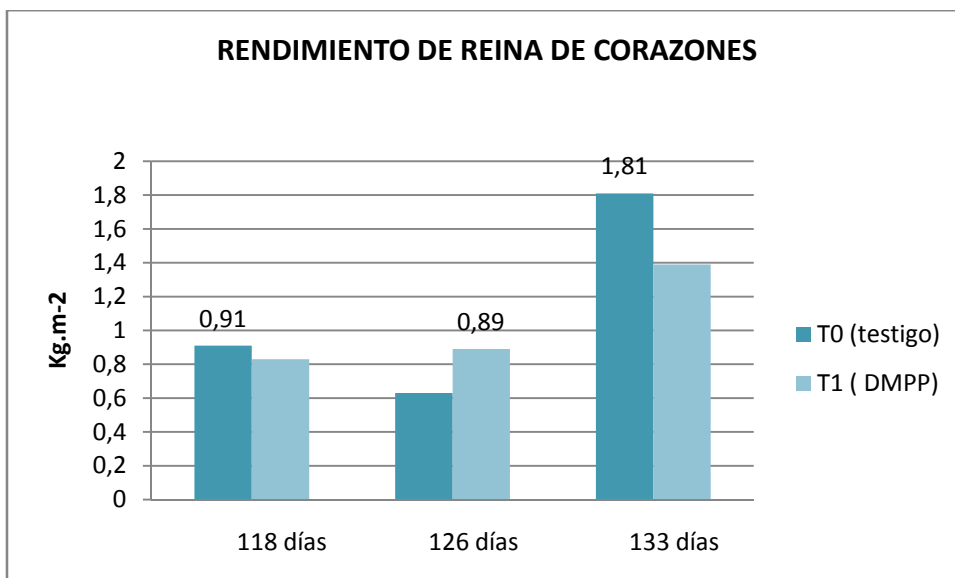
4.2.1. Producción.

De acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo del experimento, se puede decir que el producto Novammon KIOTO, inhibidor de la nitrificación (DMPP), no ha producido diferencias estadísticamente significativas, sobre el rendimiento por unidad de superficie durante el ciclo de cultivo.

La tabla 1 muestra los valores promedio en rendimiento de la variedad de sandia Reina de Corazones, para los dos tratamientos del experimento. En el tratamiento T0, testigo el rendimiento a los 118 días de tratamiento (118 ddt), fue de $0,91 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, siendo la del tratamiento T1, con inhibidor de la nitrificación ligeramente inferior de $0,83 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. En la segunda recolección a los 126 ddt, la producción mayor fue de $0,89 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ para T1, siendo menor para T0. En los dos primeros cortes la mayor producción se obtiene en primer corte, siendo inferior en el segundo corte y aumentando en el tercer corte a los 133 ddt obteniéndose mayor resultado en el tratamiento testigo, que fue de $1,81 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ mientras que para T1, fue de $1,39 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Tabla (1). Rendimiento de Reina de Corazones en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

ddt	118 días	126 días	133 días	Total
T0 (testigo)	0,91	0,63	1,81	3,35
T1 (DMPP)	0,83	0,89	1,39	3,11
P Valor	0,86	0,27	0,21	0,79
C Variación %	56,25	57,02	24,40	28,85
Error Estándar	0,31	0,53	0,20	0,60

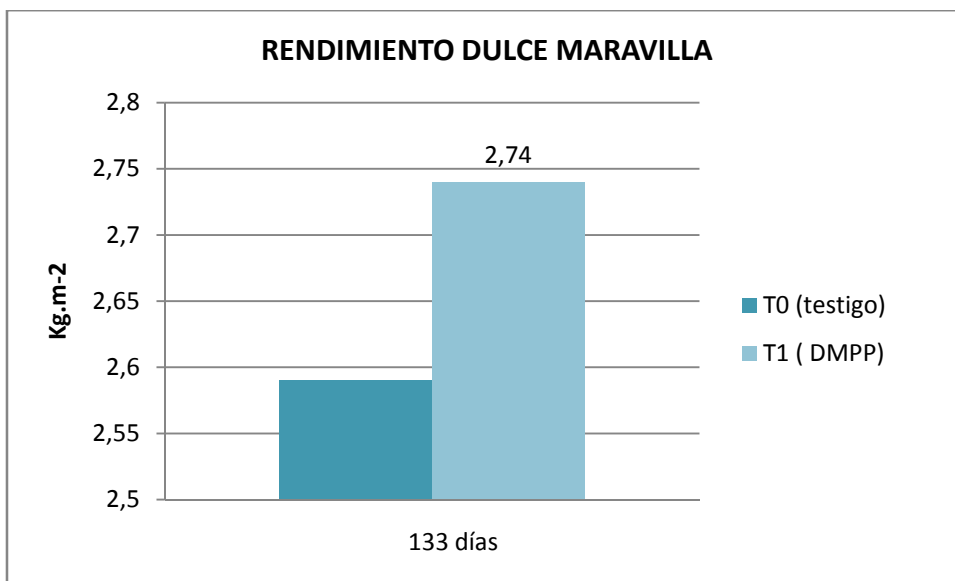


Grafica (1). Rendimiento de Reina de Corazones $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Para la variedad diploide Dulce Maravilla se observa que no hubo producción en el primer corte a los 118 ddt, ni en segundo a los 126 ddt. Hasta el tercer corte a los 133 ddt no se obtuvieron frutos, estando los valores del rendimiento próximos entre sí. Para el T0 fue de $2,59 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ mientras que para T1 fue ligeramente mayor con un valor de $2,74 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Tabla (2). Rendimiento de Dulce Maravilla en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

ddt	118 días	126 días	133 días	Total
T0 (testigo)			2,59	2,59
T1 (DMPP)			2,74	2,74
P Valor			0,84	0,84
C Variación %			29,03	29,03
Error Estándar			0,50	0,50



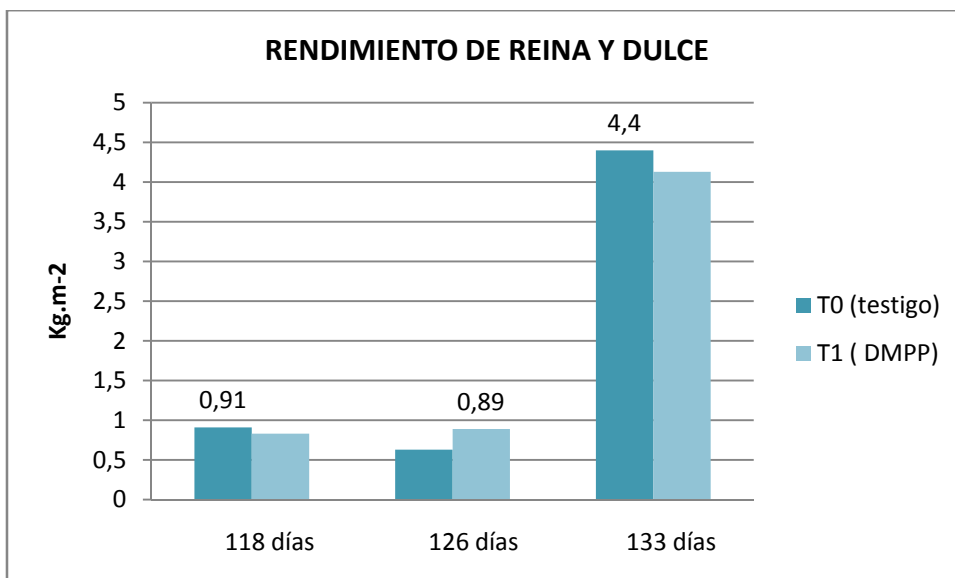
Grafica (2). Rendimiento de Dulce Maravilla kg·m⁻².

4.2.2. Producción total acumulada.

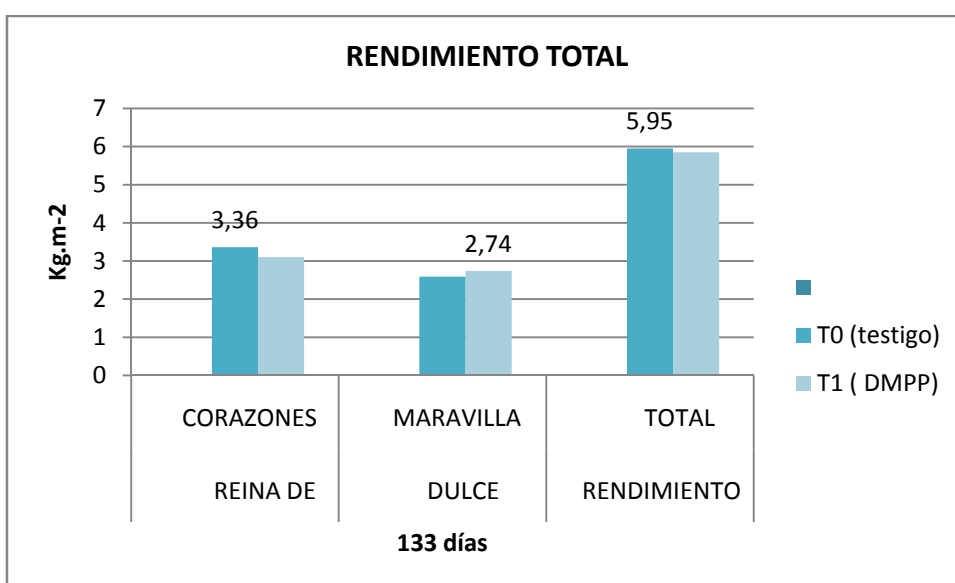
En el rendimiento de los tres cortes para las dos variedades cultivadas en nuestro experimento el mayor rendimiento se obtuvo en el tercer corte (133 ddt). Los valores promedio de rendimiento están muy próximos entre sí, no habiendo diferencias entre ellos, siendo los mayores rendimientos para T1 en el segundo corte, mientras que en el primer corte y tercer corte fue T0 el de mayor rendimiento.

Tabla (3). Rendimiento total de los tres cortes de Reina de Corazones y Dulce Maravilla en kg·m⁻².

ddt	118 días	126 días	133 días	Total
T0 (testigo)	0,91	0,63	4,40	5,94
T1 (DMPP)	0,83	0,89	4,13	5,85
P Valor	0,86	0,27	0,77	0,99
C Variación %	56,25	57,02	23,06	26,05
Error Estándar	0,31	0,53	0,63	0,99



Grafica (3). Rendimiento de Reina de Corazones y Dulce Maravilla $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.



Grafica (4). Rendimiento total $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

4.2.3. Estudio de los parámetros de calidad interna de Reina de Corazones.

En las siguientes tablas se presentan la totalidad de datos obtenidos del estudio de los parámetros de calidad interna de los frutos para la variedad Reina de Corazones; color, contenido de sólidos solubles, pH, consistencia de la pulpa y grosor de la corteza.

4.2.3.1. Calidad de la cosecha 1.

Los resultados del primer corte que se obtuvieron a los 118 ddt, se muestran en la tabla (1). El contenido de sólidos solubles alcanzó un valor promedio de 10,77 °Brix en T0, y de 9,87 °Brix para T1 siendo un valor bastante bajo. Los dos tratamientos obtuvieron un grosor de corteza sin apenas diferencias, siendo el mayor para T1 de 16,56 mm y de 15,49 para T0. En consistencia de la pulpa se obtuvo diferencias entre los dos tratamientos, siendo el mayor valor de 1,67 Kg.cm⁻² para T0 y de 1,29 Kg.cm⁻² para T1. En cuanto al color interno del fruto su mayor valor fue para T0 2,44 en la escala de color mientras que T1 alcanzó un valor inferior de 2,11. Los valores de pH obtenidos fueron muy similares entre los dos tratamientos.

Tabla (1). Calidad del fruto de la cosecha 1.

Primer corte 118 días después de tratamiento					
DDT	° Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	10,77	15,49	1,67	2,44	5,28
T1 (DMPP)	9,87	16,56	1,29	2,11	5,39
P Valor	0,18	0,33	0,04	0,41	0,68
C Variación %	13,70	14,19	27,74	36,28	4,93
Error Est.	0,46	0,76	0,12	0,28	0,09

4.2.3.2. Calidad de la cosecha 2.

La tabla (2), muestra la calidad de los frutos de sandía Reina de Corazones a los 126 ddt. EL mayor valor se alcanzó en T1 siendo de 11,79 °Brix mientras que T0 alcanzó 11,18 °Brix. Para los dos tratamientos los valores estuvieron muy próximos entre sí, 14,40 mm para el T0 y de 14,72 para T1. En el análisis de la consistencia de la pulpa los datos que se obtuvieron de 2,04 Kg.cm⁻² para el T1 y ligeramente inferior para el T0 con 1,77 Kg.cm⁻². El color de la pulpa del

fruto en este corte fue similar para los dos tratamientos experimentados, alcanzando el valor 2,44 en la escala de color, en cuanto al pH del fruto de sandía los valores para los dos tratamientos fueron 5,65 para T0 y 5,69 para el T1.

Tabla (2). Calidad del fruto de la cosecha 2.

Segundo corte 126 días después de tratamiento					
DDT	0 Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	11,18	14,40	1,77	2,44	5,65
T1 (DMPP)	11,79	14,72	2,04	2,44	5,69
P Valor	0,11	0,66	0,31	1,00	0,71
C Variación %	7,08	12,11	28,76	28,83	2,33
Error Est.	0,26	0,60	0,18	0,24	0,45

4.2.3.3 .Calidad de la cosecha 3.

EL tercer corte se realizó a los 133 ddt, siendo este el último corte realizado, (tabla número 3). En el análisis de sólidos solubles en T0 alcanzó 11,07 °Brix, siendo para T1 ligeramente inferior de 10,84 °Brix. En valores promedio del grosor de corteza, consistencia de la pulpa, color del fruto y pH, no se observan diferencias significativas entre los dos tratamientos. Destacar que el color interno del fruto los valores fueron idénticos.

Tabla (3). Calidad del los frutos de la cosecha 3.

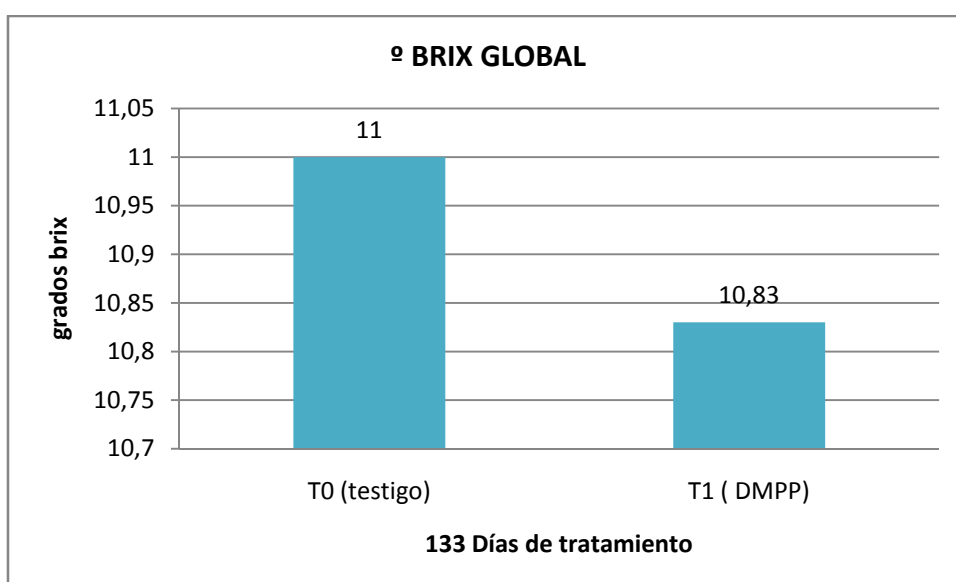
Tercer corte 133 días después de tratamiento					
DDT	0 Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	11,07	14,27	1,56	2,56	5,60
T1 (DMPP)	10,84	14,02	1,37	2,56	5,68
P Valor	0,58	0,83	0,40	1,00	0,07
C Variación %	7,47	17,20	30,39	27,58	1,62
Error Est.	0,28	0,83	0,15	0,24	0,03

4.2.3.4. Calidad global de toda la cosecha.

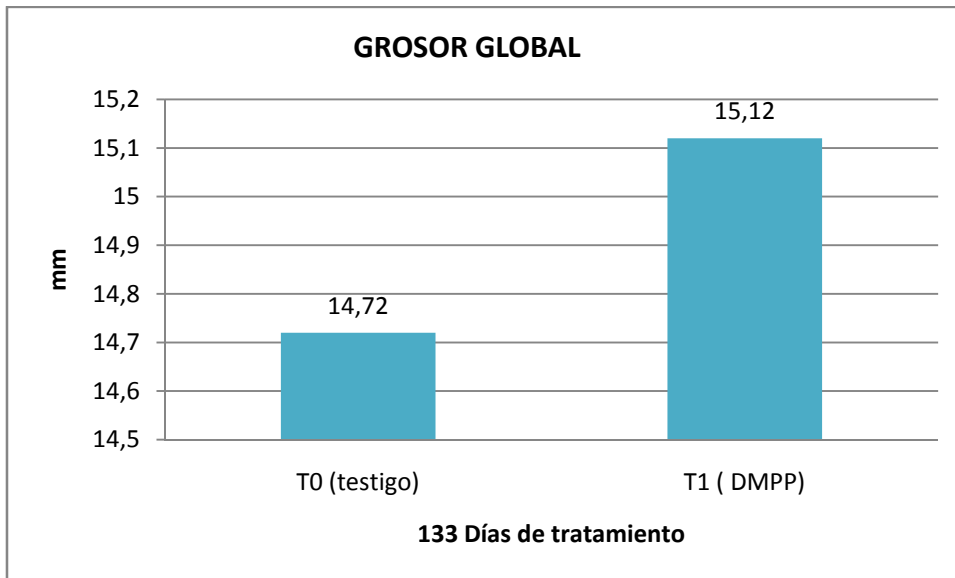
Los resultados de la tabla (4), muestran la calidad total de los tres cortes del fruto de Reina de Corazones. los valores de los parámetros de calidad interna del fruto son muy similares en los dos tratamientos experimentados, el T0 ha tenido los mayores resultados de sólidos solubles 11,00 °Brix, de consistencia de la pulpa 1,67 Kg.cm⁻², de color interno del fruto 5,53 y de pH con 2,48. El T1 obtuvo su mayor valor promedio para el grosor de la corteza siendo este 15,12 mm.

Tabla (4). Calidad total de los tres cortes.

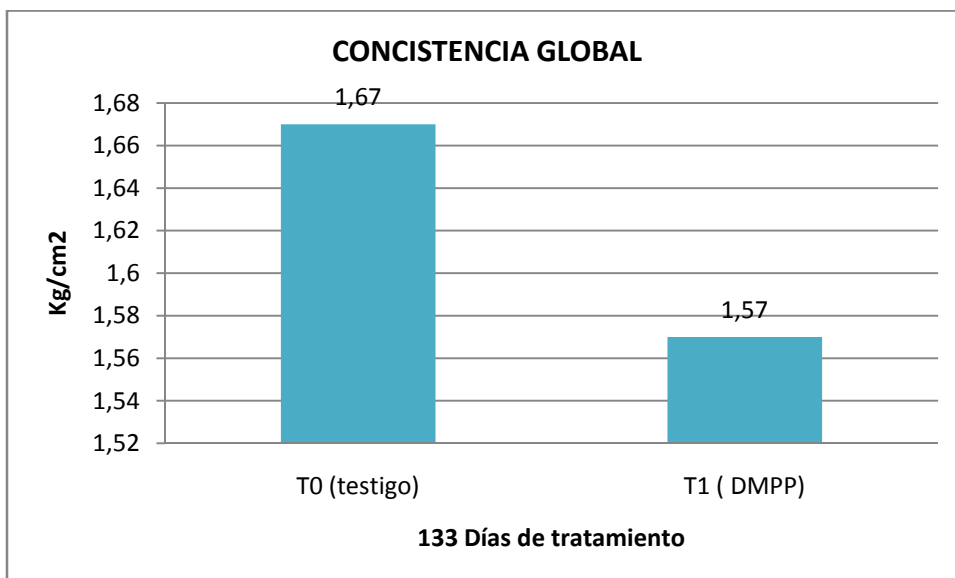
Calidad global de la cosecha.					
DDT	° Brix	Grosor de corteza(mm)	Consistencia de la pulpa (Kg.cm ⁻²)	Color interno del fruto	pH del fruto
T0 (testigo)	11,00	14,72	1,67	2,48	5,53
T1 (DMPP)	10,83	15,12	1,57	2,37	5,27
P Valor	0,59	0,53	0,49	0,59	0,56
C Variación %	10,44	15,30	31,33	30,60	4,51
Error Est.	0,22	0,44	0,10	0,14	0,05



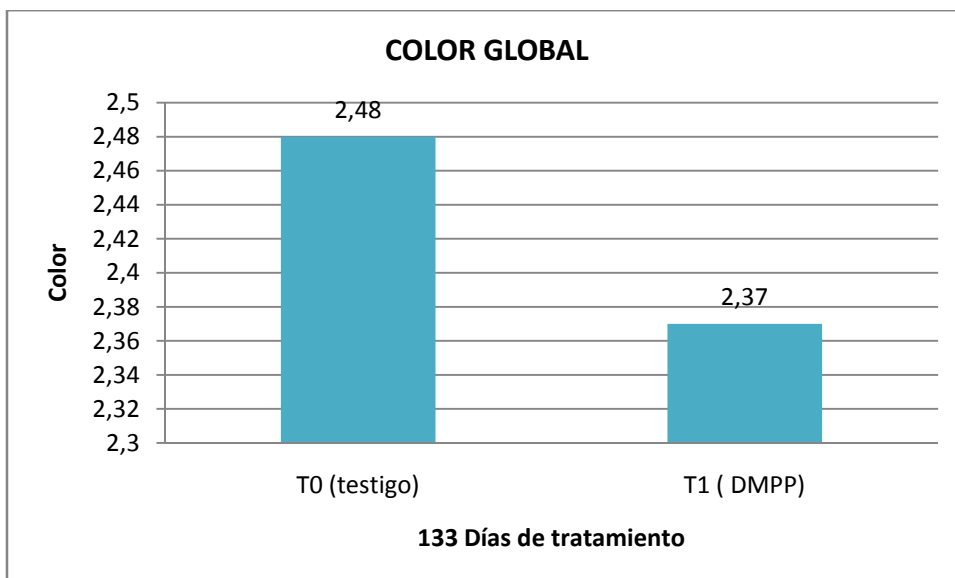
Grafica (4.1). Grados Brix medios acumulados.



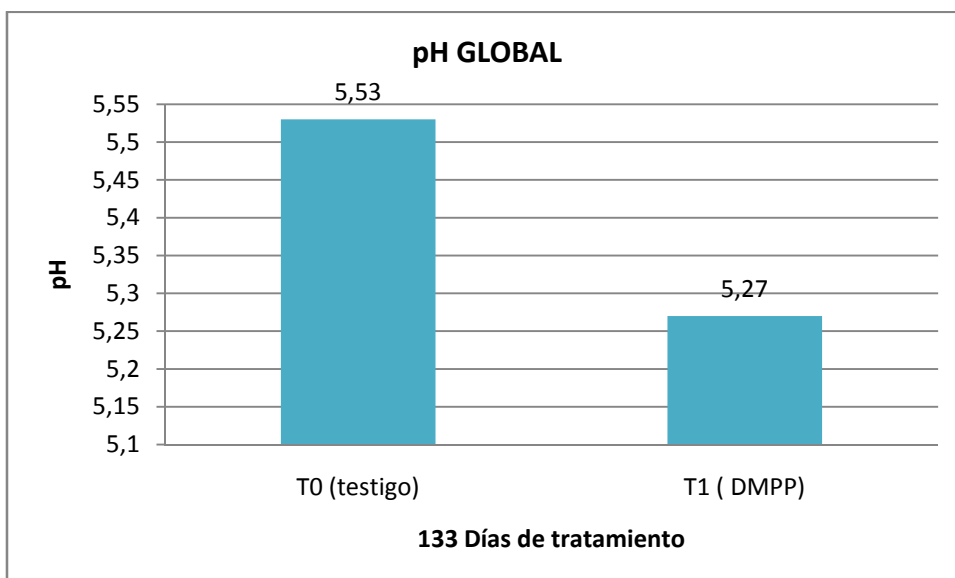
Grafica (4.2). Grosor de corteza (mm) medio acumulado.



Grafica (4.3). Consistencia de la pulpa (Kg/cm²) media acumulada.



Grafica (4.4). Color medio acumulado.



Grafica (5.5). pH medio acumulado.

4.2.4. Estudio del suelo a diferentes profundidades.

En los análisis de las muestras de suelo tomadas a diferentes profundidades (de 0 a 15 cm y de 16 cm a 30 cm), no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento testigo (T0) y el tratamiento en el que se aplicó el producto Novammon KIOTO (T1). A continuación se muestra, en la siguiente tabla, el contenido en nitratos del suelo.

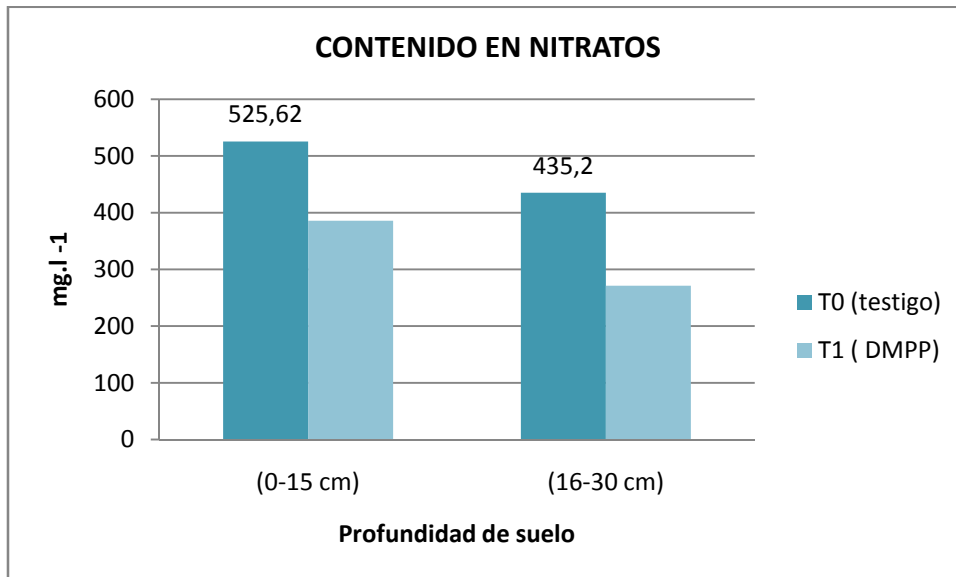
4.2.4.1. Contenidos de nitratos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

En la primera fecha en la que se muestreo el suelo, a los 85 días después de trasplante, aunque no existieron diferencias, si que se dieron resultados dispares entre los dos tratamientos. En un primer momento T1 presentó valores menores de concentración de nitratos en el suelo a la profundidad de (0-15 cm) con un valor de $385,73 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, teniendo T0 a esa misma profundidad una concentración de $525,62 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. La concentración de nitratos a la profundidad de (16 cm a 30cm) fue para T0 de $435,20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y para T1 de $271,10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ disminuyendo el contenido de nitratos para los dos tratamientos. Esta diferencia palpable provocada por un mayor lavado de nitratos, lixiviando éstos a horizontes inferiores. Esto no ocurre así en el T0 por la retención del catión amonio en el suelo evitando su lavado y puesta a disposición de la planta el amonio para absorberlo en esa forma directamente o completar la nitrificación y formar nitratos.

Tabla (1). Contenido de nitratos en el suelo $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

DDT (85 días)	Profundidad 0-15 cm	Profundidad 16-30 cm
T0 (testigo)	525,62	435,20
T1 (DMPP)	385,73	271,10
P Valor	0,53	0,19
C Variación %	51,62	41,19
Error Estándar	143,57	73,82

Grafica (1). Contenido en nitratos.



5. CONCLUSIONES.

- A la vista de los datos obtenidos de cada parámetro del experimento, con la aplicación de Novammon KIOTO, fertilizante nitrogenado con la molécula inhibidora de la nitrificación (DMPP), y de la aplicación del elicitor de resistencia menadiona sodio bisulfito (MSB), podemos concluir los siguientes resultados:

APLICACIÓN DEL ELICITOR.

- No existen diferencias en la **producción acumulada por superficie (kg·m⁻²)**.

PARÁMETROS DE CALIDAD INTERNA DONDE SE APLICÓ EL ELICITOR.

- No existen diferencias en el contenido de **sólidos solubles (°Brix)**.

- No se obtuvieron diferencias en el **grosor de la corteza (mm)**.
- Si existieron diferencias estadísticas en la **consistencia de la pulpa Kg.cm^{-2}** de los frutos recolectados en el segundo corte en donde se aplicó elicitador vía foliar siendo un **20,10%** inferior, estas diferencias no se apreciaron en el primer corte, ni para el tercer corte.
- No se apreciaron diferencias en cuanto al **color** interno del fruto.
- No se experimentaron diferencias en el **pH** del fruto.

APLICACIÓN DEL INHIBIDOR DE LA NITRIFICCIÓN.

- No se lograron diferencias en la **producción acumulada por superficie (kg.m^{-2})**.
- No se dieron diferencias en el contenido de **sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$)**.
- No se observaron diferencias en el **grosor de la corteza (mm)**.
- Si se apreciaron diferencias estadísticas en la **consistencia de la pulpa Kg.cm^{-2}** , para el primer corte en donde se aplicó el (DMPP), siendo un **22,74%** más bajo que donde no se aplicó, no dándose en ninguno de los otros dos cortes.
- No se consiguieron diferencias en el **color** de fruto.

- No existieron diferencias en el **pH** del fruto.

ESTUDIO DEL SUELO A DIFERENTES PROFUNDIDADES.

- No se apreciaron diferencias estadísticas pero si una reducción del el contenido de nitratos a una profundidad de **0 a 15** cm, con un **26,61%** menor donde se aplicó (DMPP). También se redujo el contenido en nitratos a una profundidad de **16 a 30** cm, con un **37,70%** menos.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Abriola, L.M. (1989). *Groundwater contamination*. IAHS Publ. nº 185, 197 p.
- Adrianese, F.G. and Human, J.J. (1991). The effects of nitrate/ammonium ratios and dicyandiamide on the nitrogen response of *Zea mays* L. in a high rainfall area on an acid soil. pag: 43-52.
- Álvarez, M. y Cabrera, F. eds. (1995). La calidad de las aguas continentales Españolas. Estado actual e investigación. Geoforma, 307 p. Logroño.
- Anuario de fertilizantes. (2004).FAO.
- Ayers, R.S. y Westcot. D.W. (1987). La calidad del agua en la agricultura. Roma. FAO. 174 pp.
- Ball-Coelho, B.R., Roy. (1999). Enhanced ammonium sources to reduce nitrate leaching. Nutrient Cycling in Agroecosystems.
- Bañuls, J., Martín, B., Martín, E., Legaz F. (2000). Mejora de la fertilización nitrogenada en el cultivo del tomate. Agrícola Vergel.
- Bañuls, J., Serna. M.D., Quiñones, A., Martín, B. (2000). Optimización de la fertilización nitrogenada con el inhibidor de la nitrificación (DMPP) con riego por goteo en cítricos. Levante Agrícola.
- Barber, K.L., Maddux, L.D., Kissel, D.E., Pierzynski, G.M., BOCK, B.R. (1992). Corn responses to ammonium and nitrate-nitrogen fertilization. Soil Sci. Soc. of Amer. Journal 56(4).
- Blancard, D. (1992). Enfermedades de las cucurbitáceas. Observar. Identificar. Luchar. Ediciones Mundi-prensa. Madrid.
- Borges, A.A., Borges-Pérez, A., Fernández-Falcón. M. (2004). Induced resistance to Fusarial wilt of banana by menadione sodium bisulphite treatments. Crop Protection 23 (12), pp. 1245-1247.
- Borges, A.A., Cools, H.J., Lucas, J.A. (2003). Menadione sodium bisulphite: A novel plant defence activator which enhances local and systemic resistance to infection by *Leptosphaeria maculans* in oilseed rape. Plant Pathology 52 (4), pp. 429-436.
- Bouthierin, D y Bron. G. (1994). Multiplicación de plantas hortícolas. Editorial Acirbia. Zaragoza.
- Brunelli, M. (1986). Manual completo de la poda y de los injertos. De Verchi. Barcelona.
- Bujalance Santiago. (2004). Historia de la agricultura Andaluza. Junta de Andalucía. Sevilla España.
- Cadahía, C. (1998). Fertirrigación. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- Camacho, F. (1999). Influencia del porta injertos cultivar y ambiente sobre la producción y la calidad de sandía triploide tipo Crimson bajo invernadero. Tesis Doctoral. Dpto. Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Almería.
- Camacho, F. y Fernández-Rodríguez, E.J. (2000) El cultivo de la sandía apirena injertada, bajo invernadero, en el litoral mediterráneo español. Ed. Instituto La Rural, Almería.
- Camacho, F y Fernandez Rodríguez, E.J. (1997). Influencia de patrones utilizados en el cultivo de sandía bajo plástico sobre la producción precocidad y calidad del fruto en Almería. Editores, Caja Rural de Almería. España.
- Canter, L.W. (1997). Nitrates in groundwater. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida. 263 p.
- Carrasco Martín. J y Villar Mir J.V. (2001). Uso de los inhibidores de la nitrificación en suelos fertilizados con purines de cerdo. Ediciones Universidad de Lérida.
- Cañizo, J.A., Moreno R., Garijo C. (1990). Guía práctica de plagas. Editorial Mundi-prensa. Madrid.

- Castilla, N. (1985). Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería. T.D. U.P.M. Madrid.
- Castilla N. (2004). Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- CICEANA. Centro de comunicación ambiental de la naturaleza Americana. (2009). Contaminación del agua. América A.C. Ciudad de México.
- Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. (2007). Producción y superficie de las principales hortalizas Almerienses.
- Cross y Domínguez Vivancos. A. (1992). Guía práctica de los fertilizantes. Editorial Mundi- Prensa.
- CSIC. Instituto de Productos Naturales y Agrobiología. (IPNA – CSIC). (2006). Departamento de Agrobiología y Medio Ambiente. Grupo de Activadores Químicos de las Defensas Naturales de la Planta. Consejo Superior de Investigaciones científicas (CSIC).
- Díaz de la Guardia, M. (2004). *Fisiología de las Plantas*. Serv. Publ. Universidad de Córdoba.
- Fernández Fernández Milagros, Lorenzo Mínguez Pilar, Cuadrado Gómez Isabel. (2003). Mejora de la eficiencia en el uso de agua en cultivos protegidos. Curso Superior de Especialización. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Fink, A. (1988). Fertilizantes y fertilización. Editorial Reverté. Barcelona.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nation. (2010). FAOSTAT.
- F. Gardiazabal, F. Mena y C. Magdahl. (2007). Efecto de la fertilización con inhibidores de la nitrificación (*Persea americana* Mill) CV. HASS. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate, Viña Del Mar, Chile.
- Fuentes Yagüe José Luis. (1999). Fertilización cultivos hortícolas y ornamentales. Editorial Mundi- Prensa.
- García, F.J., Rosello J. y Santa-maría, M.P. (2001). Iniciación a la Fisiología de las Plantas. Editorial Foro Europa.
- GENCAT. (2008). Nitratos en el agua de consumo. Generalitat de Cataluña.
- Ginés Navarro. (2000). Química Agrícola del Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- Guil Guerrero José. (1999). Tecnología del Procesado de Hortalizas, Flores y Frutos. Servicio de Publicaciones. Universidad de Almería.
- G. W Cooke. (1975). Fertilización para Rendimientos Máximos. Edición Granada Publishing.
- IGME (1980). Contaminación de las aguas subterráneas. Tecnología, economía y gestión. AGL: DP/SPA. 73/001. 311 p. 2ª Ed.
- Izcara Palacios Simón Pedro. (20009). La directiva nitratos, el ejemplo del campo de Dalias Almería. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México.
- J. Barceló Coll, G. Nicolas Rodrigo, B. Sabater García, R. Sánchez. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid.
- Ley 7/2007. Gestión Integrada de la Calidad Ambiental de Andalucía. BOJA 20-07-2007.
- Ley 26/2007. Responsabilidad Medioambiental. BOE 24-10-2007.
- Linaje Lite Alba, Muñoz Guerra Revilla. (2004). Fertilización eco-eficiente de olivo y disminución por contaminación por nitratos mediante inhibidores de la nitrificación. Departamento. Investigación y desarrollo de Compo Agricultura. España.
- Liu, S.Y., Liu, Z., Fitt, B.D.L., Evans, N., Foster, S.J., Huang, Y.J., Latunde-Dada, A.O., Lucas, J.A. (2006). Resistance to *Leptosphaeria maculans* (phoma stem canker) in *Brassica napus* (oilseed rape) induced by *L. biglobosa* and chemical defence activators in field and controlled environments. *Plant Pathology* 55 (3), pp. 401-412.

- Lopez Galarza et. (1996). Vascular intervention. Abstrat.22 Diethrich. ED.
- MAPA. (2007). Anuario de estadística agroalimentaria.
- Maraña, A. et. (1998). Análisis de suelos. Metodología e interpretación. Servicio de publicaciones Universidad de Almería.
- MARM. (2010). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marin.
- Meria Barreto, D.J. (2008). Ensayos sobre la influencia del radio NO₃-/NH₄⁺ en producción de Silene Vulgaris en bandejas flotantes. Universidad Politécnica de Cartagena. Murcia.
- Ministerio de Sanidad y Consumo. (2008). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. AESAN.
- OECD (1986). Water pollution by fertilizers and pesticides. OECD publications. 144 p.
- Palomar Oviedo Francisco. (1993). Los Invernaderos y el Medio Ambiente. Ediciones Cantón. Almería.
- Pérez Parra y Cuadrado Gómez, IM. (1998). Tecnología de Invernaderos II". Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, FIAPA y Caja Rural. Almería.
- Primo, E. y Carrasco, J.M. (1997). Química Agrícola I. Suelos y Fertilizantes. Editorial Alhambra.
- Porta, J. et al. (2002). Edafología para la agricultura y medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Pushpalatha, H.G., Mythrashree, S.R., Shetty, R., Geetha, N.P., Sharathchandra, R.G., Amruthesh, K.N., Shetty, H.S. (2007). Ability of vitamins to induce downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. Crop Protection 26 (11), pp. 1674-1681.
- Phytoma España. (2002). Revista vida Rural. Nº 155 (Pag.57-68).
- Rama Rao, A.V., Ravichandran, K., David, S.B., Ranade, S. (1985). Menadione sodiumbisulphite: A promising plant growth regulator. Plant Growth Regulation 3 (2), pp. 111-118.
- Rawn, J.D. (1989). *Bioquímica*, Vol. I. Interamericana, McGraw-Hill, Madrid.
- R. D. 824/2005. Productos fertilizantes. BOE.
- R. D. 9/2005. Relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. BOE 18-01-2005.
- Reche Marmol José. (1988). La Sandia. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- Reche Marmol José. (2000). Protección Fitosanitaria de los Cultivos Hortícolas de Almería. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Reche Mármol, J. (1991). Enfermedades de Hortalizas en Invernadero. Publicaciones S.E.A. Madrid.
- Reglamento (CE) nº 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 relativo a los abonos. DOUE 21-11-2003.
- Tolón Becerra, A.; Salinas Andújar, J.A. (2000). Proyectos de desarrollo sostenible: Metodología de Planificación. Servicio de Publicaciones. Universidad de Almería. España.
- Urbano Terrón, P. (2002). Fitotecnia. Ingeniería de la producción vegetal. Editorial Mundi-prensa. Madrid.
- Valero de Palma Manglano, Juan. (1998). Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. AIH-GE Valencia.
- Villalobos. F. (2002). Eficacia de los sistemas agroforestales en el control de la lixiviación de nitrato. CUAD. SOC. ESP Ciencia For.

- William, R.J. (1997). Control de enfermedades en cultivos de invernaderos. Editorial APS.
- Zarrillí Adrián. (2003). La huerta de Europa. Mundo agrario. Universidad de la Plata Argentina.